ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JUILLET 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle aura lieu le lundi 17 décembre 1923.

M. A. **Lacroix** s'exprime en ces termes :

Le volume que j'ai l'honneur d'offrir à l'Académie termine l'ouvrage que j'ai consacré à la *Minéralogie de Madagascar* [1].

Il comprend l'étude minéralogique et chimique des *roches volcaniques* et aussi celle des *roches sédimentaires*. Un chapitre important a pour objet l'étude de la *décomposition des roches silicatées alumineuses dans les pays tropicaux*, considérée d'une façon générale, surtout à l'aide de mes observations personnelles à Madagascar, en Guinée et au Soudan. En ce qui concerne Madagascar, je me suis efforcé de montrer que si les véritables latérites, c'est-à-dire les produits de transformation essentiellement formés par des hydrates d'alumine et de fer, n'y manquent pas, il y existe aussi de nombreux produits d'altération argileuse; la *terre rouge*, qui donne une physionomie si spéciale à la Colonie en particulier, est une argile latéritique, contenant généralement des quantités variables, mais parfois faibles, d'hydroxydes.

Après avoir ainsi étudié analytiquement la constitution lithologique de la Grande Ile, je me suis proposé, dans une série de chapitres spéciaux, de

---

(1) *Minéralogie de Madagascar*, t. 3, *Lithologie*, *Appendice*, *Index géographiques*. 1 vol. in-4° de 450 pages, avec figures dans le texte, 8 planches et 1 carte géologique en couleurs hors texte. [Soc. d'édit. géogr. maritimes et coloniales (anc. maison Challamel).]

présenter une vue d'ensemble synthétique sur la composition chimique et minéralogique des différents centres éruptifs qu'il est possible d'y distinguer.

J'ai comparé ensuite cette composition à celle des régions voisines, où l'on peut trouver des analogies intéressantes, notamment en ce qui concerne les formations volcaniques; je veux parler de l'Afrique orientale, des Mascareignes et des îles perdues plus au Sud dans l'océan Indien, à la limite de l'océan Antarctique. De nombreuses analyses nouvelles viennent éclaircir la constitution chimique de ces régions.

L'impression des trois volumes de mon livre ayant duré deux années, j'ai fait pendant celles-ci des observations qui n'ont pu être consignées dans les deux volumes précédents. Elles font l'objet d'un *Appendice* consacré surtout aux minéraux proprement dits.

Enfin un *Index géographique*, comprenant plusieurs milliers de noms malgaches cités, donne des précisions sur la situation de chacun de ceux-ci. Il constitue une sorte de dictionnaire géographique de Madagascar qui n'a pas d'équivalent et qui pourra servir même à ceux ne se préoccupant pas de recherches minéralogiques.

En terminant cet ouvrage, auquel j'ai travaillé sans relâche depuis plus de vingt ans, j'ai la satisfaction d'avoir pu, presque avec mes seules observations, donner, avec beaucoup de détails, une première approximation de la Minéralogie et de la Lithologie d'un grand pays qui se trouve être l'un des plus remarquables que l'on puisse concevoir. J'espère que ce long labeur engagera les travailleurs à en compléter les résultats.

ASTRONOMIE. — *Sur les Observatoires de montagne.* Note de M. H. Deslandres.

I. Les observatoires de montagne sont nécessaires, surtout pour la branche nouvelle de l'Astronomie, actuellement la plus féconde, qui est l'Astronomie physique; ils sont aussi nécessaires pour d'importantes recherches de physique et de physiologie; mais dans ce qui va suivre j'examinerai leur utilité seulement pour la science astronomique qui progresse surtout par l'observation des astres, continue et améliorée le plus possible. Or, pour mieux observer les astres, il faut diminuer l'épaisseur de l'atmosphère, qui est l'obstacle interposé entre eux et nous; l'atmosphère absorbe les rayons stellaires et par les mouvements très variés qui l'animent, elle trouble les images de nos lunettes.

Quand on s'élève, on échappe à la vase atmosphérique, et, pour une large part, aux particules qui apportent la gêne la plus grande et sont formées dans l'air par la vapeur d'eau. Le bénéfice est grand surtout pour les radiations les plus réfrangibles du spectre, pour celles que la photographie révèle; dans un air pur, comme on sait, la perte subie par la radiation stellaire est proportionnelle à la quatrième puissance de sa fréquence. Finalement, dans les trente dernières années, les plus belles découvertes ont été faites dans des observatoires de montagne, de création relativement récente.

La grande majorité des observatoires actuels est à basse altitude; ils ont été construits pour la branche ancienne de l'Astronomie, dite branche de position, qui, au début, a limité son effort au système solaire et aux étoiles les plus brillantes. Le plus souvent aussi, ils ont été rattachés à une université ou à une académie, et établis dans son voisinage immédiat.

Les Américains ont rompu les premiers avec ces habitudes; ils ont distingué clairement les observatoires qui servent à l'enseignement, et sont rapprochés des centres universitaires, et les observatoires de recherches organisés seulement pour assurer l'étude du ciel la meilleure possible. A cette dernière catégorie appartiennent quatre observatoires de montagne, récemment construits en Amérique et justement célèbres, à savoir :

Nom de l'Observatoire.	Altitude.	Latitude.
Lick ou du Mont Hamilton	1283^{m}	37°20′ Nord
Arequipa	2452	16.22 Sud
Flagstaff	2210	35.12 Nord
Mont Wilson	1742	34.12 Nord

Ces observatoires, étant à une latitude basse, n'ont pas en hiver un froid rigoureux, et sont occupés aisément pendant toute l'année; ils sont établis dans les régions du globe les plus remarquables par le calme, la pureté et la sécheresse de l'air. Les quatre ont de grands instruments, qui, même, sont les plus grands de ce monde; et un roulement spécial entre les astronomes permet de les utiliser pendant toute la nuit; les conditions sont telles que le rendement est le maximum possible. Enfin l'Observatoire du Mont Wilson est doublé d'un grand laboratoire de physique, placé dans la ville voisine, à l'altitude de 300^{m}. Les astronomes viennent, à intervalles réguliers, s'y reposer et préparer les recherches futures.

Ces organisations nouvelles ont donné des résultats remarquables, et il convient de les avoir en vue, au moment où il est fortement question de refondre nos établissements d'Astronomie.

En ce qui concerne les observatoires de montagne, les États-Unis tiennent actuellement la tête; les autres pays et la France, en particulier, sont dans une situation nettement inférieure. Le tableau suivant donne la liste des observatoires qui, en dehors des États-Unis et du Mexique, ont une altitude supérieure à 1000^{m}.

Nom de l'Observatoire.	Altitude.	Latitude.
Empire Britannique.		
Kodaïkanal (Indes)	2347^{m}	10°13′ Nord
Johannesburg	1806^{m}	26°10′ Sud
Allemagne.		
Königstuhl	570^{m}	49°23′ Nord
France et Algérie.		
Sétif (Algérie)	1113^{m}	36°1′ Nord
Mont Blanc	4372^{m}	45°50′
Pic du Midi	2850^{m}	42°56′ Nord
Italie.		
Mont Etna	2950^{m}	37°30′ Nord

Les trois premiers observatoires, occupés toute l'année, ont obtenu des résultats importants, les deux premiers d'ailleurs n'ayant que des instruments petits ou moyens. Le troisième, celui de Königstuhl, dépend de l'Université d'Heidelberg, et est pourvu d'instruments puissants; il est le plus élevé de l'Allemagne, mais sa hauteur est bien au-dessous de 1000^{m}. Il a été ajouté sur la liste, parce que son fondateur a insisté sur les avantages réalisés en élevant de 350^{m} jusqu'à la hauteur de Konigstuhl son observatoire établi d'abord à Heidelberg (altitude 200^{m}). Combien le bénéfice eût été plus grand, si la hauteur totale avait pu être doublée.

L'Observatoire algérien de Sétif étant mis à part, les trois derniers (mont Blanc, Pic du Midi et Etna) forment un groupe naturel caractérisé par les mêmes qualités et les mêmes défauts. Ils ont l'avantage d'une grande hauteur, mais leur accès est difficile; leurs instruments, qui sont seulement moyens, sont insuffisants, et, à cause de leur latitude élevée et de leur grande hauteur, ils ne peuvent être utilisés pendant l'année entière. J'ai été ainsi conduit à étudier de près la question, en particulier dans l'inspection générale des observatoires français dont j'ai été chargé en 1922, et la Note actuelle a pour but de mettre en relief les points suivants :

1° Notre pays offre des stations de montagne, qui n'ont pas les inconvément signalés ci-dessus, et qui sont comparables aux stations étrangères.

2° Il convient, tout en conservant et améliorant nos observatoires actuels de grande altitude (mont Blanc et Pic du Midi), d'organiser à une altitude moindre d'autres observatoires, qui offrent à la fois de grandes qualités pour l'observation du ciel et de multiples commodités pour la vie courante, qui soient pourvus de grands instruments et d'un personnel permanent, qui soient organisés pour un rendement élevé pendant l'année entière.

II. L'Observatoire actuel du mont Blanc, construit par M. Vallot sur le rocher des Bosses (à 4372^{m}) a été porté sur le tableau parce qu'il dispose d'un instrument astronomique de dimensions moyennes (réfracteur de 30^{cm} d'ouverture allié à un sidérostat). L'ascension et aussi le séjour au sommet sont pénibles, et sont possibles dans de bonnes conditions seulement pendant deux ou trois mois de l'année.

Les difficultés sont bien moindres au Pic du Midi, qui est plus bas de 1500^{m} (altitude 2860^{m}); mais si, comme on le fait d'ordinaire pour aller au Pic, on part de Bagnères-de-Bigorre, le trajet est long : il exige 6 heures et demie, dont 1 heure et demie en tramway, et 5 heures à pied ou à mulet; pendant huit mois de l'année, le chemin est bloqué par les neiges. L'ascension et le séjour au Pic ne sont faciles que pendant quatre mois de la belle saison. L'Observatoire est surtout météorologique; deux aides météorologistes et deux auxiliaires y sont maintenus toute l'année.

Par contre les observations astronomiques, plus longues et plus délicates, sont presque impossibles en hiver; la neige est trop épaisse et le froid trop rigoureux. J'ai compté en moyenne par an 28 jours où la température minima a été au-dessous de $-15°$ C. Aussi n'a-t-on attaché à l'observatoire aucun astronome en permanence; l'instrument astronomique (réflecteur de $0^{m},50$ et réfracteur de $0^{m},25$ accolés) est utilisé seulement pendant l'été par des volontaires, qui, le plus souvent, sont en petit nombre; en 1922, on n'a fait au Pic aucune observation astronomique.

D'ailleurs les deux stations du mont Blanc et du Pic du Midi se trouvent dans la partie du territoire dite atlantique, qui reçoit les vents humides de l'Ouest, et offre un ciel souvent couvert avec des pluies fréquentes. Dans l'autre partie du territoire, dite méditerranéenne, et beaucoup moins étendue, le climat est à peu près celui de la Provence; l'air est plus sec, plus pur et le nombre des belles journées notablement plus grand. Sur les 13 observatoires d'État (celui du mont Blanc compris) que nous avons en

France, 10 sont dans la zone atlantique, et trois seulement, celui de Nice et Marseille, auxquels on joint celui d'Alger, sont situés dans la zone méditerranéenne, et favorisés d'un beau ciel. Cet avantage naturel peut suffire à expliquer le rendement supérieur des observatoires de Nice et d'Alger.

III. La discussion précédente fait bien ressortir les points faibles de nos établissements actuels et les conditions à remplir par l'observatoire de montagne nouveau qui est à créer. Il faut d'abord diminuer l'altitude; mais, quelle est la hauteur maxima à laquelle on peut, sous nos latitudes, observer le ciel pendant toute l'année et avoir en même temps une vie acceptable? Les stations nombreuses, organisées récemment en montagne pour les sports d'hiver, apportent une indication précieuse. Nous avons en France par exemple, dans les Alpes, les stations du Revard (près d'Aix-les-Bains), de Peïra Cava (près de Nice), à 1500^{m} d'altitude, et dans les Pyrénées, celles de Superbagnères et de Font-Romeu, à 1800^{m}. Les quatre ont de grands hôtels ouverts pendant l'hiver et l'été, et sont desservies par de bonnes routes et même par des voies ferrées.

A priori, il semble donc que l'on puisse aller jusqu'à 1800^{m}; et il convient d'étudier d'abord la valeur astronomique de ces stations sportives, qui ont déjà leurs voies d'accès parfaitement organisées. J'ai visité avec soin deux d'entre elles, le Revard et Font-Romeu.

Le Revard a été recommandé déjà avant la guerre par M. Jarry-Desloges, astronome amateur, qui y a fait de très bonnes observations; il offre de bons emplacements pour un grand observatoire, avec, il est vrai, la restriction qu'il est dans la zone atlantique du territoire et voisin du lac du Bourget.

La station de Font-Romeu en Cerdagne a des avantages particuliers; elle est méditerranéenne et dans la partie de la France qui a la latitude la plus basse (environ $42°30'$); même elle est située au sud de la crête des Pyrénées. J'ai eu sur le climat de la région des renseignements précis, aimablement fournis par M. Mengel, directeur de l'Observatoire météorologique de Perpignan, et par M. Cave, instituteur à Montlouis (altitude 1600^{m}, à 6^{km} de Font-Romeu), météorologiste volontaire et très bon observateur.

A Montlouis, de 1894 à 1922, on a compté en tout 19 jours pour lesquels la température minima a été au-dessous de $-15°$; à Font-Romeu, plus élevé de 200^{m}, d'après la règle connue, la température est plus basse de $-1°,2$. Dans le même intervalle de 29 ans, la nébulosité, déterminée trois fois par jour, a donné en moyenne et par an les nombres suivants, rapprochés de ceux obtenus à Alger :

	Nombre de ciels.		
	Beaux, nébulosités 0, 1 et 2.	Nuageux, nébulosités 4, 5, 6 et 7.	Couverts, nébulosités 8, 9, et 10.
Alger....................	431	441	223
Montlouis...............	430	244	421

Les journées ou portions de journée, dites belles, sont en nombre égal dans les deux stations, et, à cause de l'altitude plus grande, elles sont certainement plus belles à Montlouis.

De plus, fait important, la température moyenne en hiver à Montlouis et Font-Romeu est moins basse qu'à l'Observatoire russe de Poulkovo, situé dans le voisinage de Petrograd. Or, à Poulkovo, on observe pendant toute l'année, et les publications de l'observatoire signalent des mesures astronomiques faites à — 23°. Partant de ces données, j'ai admis la température de — 15° comme limite inférieure dans notre pays, pour les observations astronomiques en montagne; pratiquement la limite varie avec les personnes et aussi avec la force du vent.

Les observations astronomiques sont donc possibles en hiver à l'altitude de 1800^{m}; il faut seulement avoir dans la station des hommes vigoureux, bien entraînés au froid, et vêtus comme les gens du Nord. On peut aussi imiter les aviateurs qui luttent aisément contre le froid avec des vêtements souples échauffés à l'intérieur par un courant électrique que l'on règle à volonté. Tout progrès dans cette voie a une réelle importance; sous nos latitudes, les nuits d'hiver sont les plus belles, et, en montagne où la précipitation de la vapeur d'eau est plus forte, elles peuvent dépasser les nuits justement vantées de la Californie, au moins en ce qui concerne l'éclat des astres. L'intensité de l'image stellaire, il est vrai, n'est pas le seul élément de la question; il faut aussi considérer sa netteté, et le calme de l'air, variables suivant les régions. Ce second élément devra être déterminé par une mission temporaire envoyée sur les lieux avec des instruments transportables.

Dans un premier examen, la région de Montlouis et Font-Romeu, offre, à une altitude de 1 800^{m} environ, plusieurs bons emplacements d'observatoire. De là on domine de 200^{m} la haute vallée de la Cerdagne, vallée large et riche, qui offre des villages bien approvisionnés. La vie y serait donc facile, d'autant que l'on dispose de deux voies ferrées, de la ligne entre Perpignan, Montlouis et Bourg-Madame qui s'élève à plus de 1 600^{m}, et de la ligne à trains rapides qui sera prochainement ouverte entre Toulouse et Barcelone.

Enfin l'observatoire serait doublé d'un laboratoire de physique et d'une station de repos établis à Montlouis, ou mieux à Vernet-les-Bains, qui est à l'altitude de 500^m et à deux heures de Montlouis par chemin de fer.

Avec tous ces avantages, j'estime que l'on trouvera aisément des astronomes qui accepteront la vie en montagne pendant l'année entière; d'ailleurs le personnel permanent serait peu nombreux, et il aurait un supplément de traitement, par exemple le quart colonial. Quant aux instruments à placer dans ces observatoires élevés, ils sont relativement simples et même peu coûteux; on peut recommander : *a*) un grand réflecteur du type Cassegrain, de 1^m à $1^m,50$ d'ouverture, qui est court et suffit pour un grand nombre de recherches; *b*) une grande table équatoriale, capable de porter des appareils lourds et volumineux; *c*) un instrument à miroirs (sidérostat, cœlostat, instrument coudé) qui permet à l'astronome d'observer dans une chambre fermée.

J'ai examiné avec détails dans cette Note la région de Montlouis pour fixer les idées et bien montrer les améliorations possibles; mais d'autres stations peuvent être meilleures, en particulier dans la zone méditerranéenne des Alpes. Il faut prier tous les astronomes de France d'apporter leur concours et de rechercher les bons emplacements de montagne.

Si l'altitude de 1800^m est trouvée trop grande, on peut la diminuer sans toutefois descendre au-dessous de 1000^m et les emplacements possibles seront plus nombreux [1]. Le mieux serait d'avoir les deux observatoires, celui de 1000^m et celui de 1800; en ajoutant les observatoires actuels de 2800^m et de 4400, notre pays disposerait de stations échelonnées, capables d'assurer toutes les recherches, et il ferait de nouveau figure sur le terrain astronomique.

ASTRONOMIE. — *Sur l'emploi du pendule entièrement libre comme garde-temps.* Note de M. G. **Bigourdan**.

On a proposé depuis longtemps l'emploi d'un pendule entièrement libre comme garde-temps, et j'ai déjà fait aussi quelques essais en ce sens [2]; mais il ne semble pas qu'on ait réalisé encore un instrument de ce type qui soit tout à fait pratique. On sait aujourd'hui le soustraire aux variations de

---

(1) On peut signaler aux environs de Marseille la hauteur de la Sainte-Baume.

(2) G. Bigourdan, *Sur un moyen de reconnaître les plus petites variations de marche des horloges astronomiques* (*Comptes rendus*, t. 122, 1896, p. 979).

température et de pression ; mais on rencontre déjà quelque difficulté pour le relancer périodiquement (car il ne doit pas, au moins dans la partie mobile, renfermer d'organe magnétique, en raison des variations du champ magnétique terrestre), pour lui faire marquer l'heure sur un cadran à secondes placé à distance, etc. Je me propose d'indiquer ici un dispositif qui lèverait une partie de ces dernières difficultés.

L'instrument est un pendule P, de longueur l assez grande (correspondant à 2^s et peut-être 3^s de durée d'oscillation simple), de grande masse (100^k par exemple), en métal non magnétique, suspendu à la manière ordinaire par une double lame, placé en un lieu de température constante et enfermé dans une cloche solidement fixée, étanche et à pression réglable.

A la partie inférieure de ce pendule P est fixée invariablement une bobine électrique creuse, oscillant ainsi avec P. Cette bobine, dans laquelle on peut à volonté faire circuler un courant électrique a, est un cylindre circulaire droit et a son axe couché dans le plan d'oscillation. Au bas de la cloche est invariablement attaché un solénoïde fixe, agissant comme un aimant — légèrement courbé en arc de cercle de rayon l — placé de manière à coïncider avec l'axe de la bobine, et dans lequel on peut faire circuler, à volonté aussi, un courant b.

Supposons que le pendule P soit en oscillation et que les courants a et b soient établis de manière à produire une attraction en accord avec le mouvement du pendule quand celui-ci arrive à l'extrémité de sa course; on donnera ainsi au pendule P, à chaque oscillation, une impulsion et on lui restituera à volonté l'amplitude qu'il aurait perdue peu à peu.

Pour commander ainsi les courants a et b aux moments convenables, on pourra les faire établir par une horloge auxiliaire H, au besoin placée à distance, que nous supposerons à peu près synchrone avec P et qui en même temps comptera, si l'on veut, les oscillations de P.

L'amplitude d'oscillation de P diminuera graduellement, et on devra connaître les époques approximatives e_1, e_2, où cette amplitude passe par des valeurs α_1, α_2 ($\alpha_1 > \alpha_2$) également connues, afin de pouvoir effectuer la réduction à l'amplitude infiniment petite; ces quantités pourront être connues à distance par l'observation au moyen du dispositif que j'ai figuré à la page 9 de mon *Rapport annuel*... de 1921. Un dispositif analogue permettra d'avoir un battement électrique à distance à chaque oscillation, et de comparer ainsi les oscillations du pendule P à celles d'un garde-temps G, dont on voudrait contrôler la marche.

Cela posé, on utilise ainsi le pendule P pour contrôler G :

On lance le pendule P à une amplitude supérieure à α_1; en s'amortissant il atteint ensuite cette amplitude α_1 à l'époque e_1 et on le compare à G. Cette comparaison est d'ailleurs renouvelée ensuite périodiquement. A l'époque e_2 il passe par l'amplitude α_2 et on compare une dernière fois P à G. Alors on fait agir les courants a et b comme il a été indiqué, jusqu'à ce qu'ils aient redonné au pendule P une amplitude légèrement supérieure à α_1. Puis quand P a repris l'amplitude α_1 on recommence comme précédemment, et on contrôle ainsi G pendant un nouvel intervalle $e'_2 - e'_1$.

On voit que pendant ces intervalles $e_2 - e_1$, $e'_2 - e'_1$,... le pendule P est entièrement libre, et d'ailleurs soustrait à toute influence tenant aux variations du champ magnétique terrestre.

Avec les valeurs considérées de l et de masse, l'intervalle $e_2 - e_1$ atteindrait et même dépasserait facilement 4 jours, tout en restant dans les faibles amplitudes; par suite l'emploi du pendule serait tout à fait pratique. Comme dans les intervalles entre e_2 et e'_1,... ce pendule P ne contrôlerait plus, on pourrait avoir recours à un second pendule analogue P′ que l'on relancerait à des moments différents de ceux de P.

PHYSIQUE ET NAVIGATION. — *Les formes de carènes les plus favorables que possible à leurs grandes vitesses sont réalisées seulement sur les canots de course automobiles.* Note de M. **F.-E. Fournier**.

1. J'ai montré, dans une publication, dont j'ai fait récemment hommage à l'Académie, que, parmi les carènes des navires de mer, sans portion cylindrique, ayant, suivant l'usage, leur maître couple au milieu de la longueur de leur plan de flottaison et une étrave droite perpendiculaire à ce plan, celles, dont le demi-angle d'attaque *moyen* i de cette étrave est réduit à sa valeur *optimum* $i_m = 5^\circ 18' 20''$, revêtent les formes les *plus favorables que possible* à leurs grandes vitesses.

Ces formes entretiennent, en effet, une houle satellite dont le profil a pour caractéristiques :

Sa longueur d'onde, $\lambda_m = \frac{L}{1 + \frac{\omega v^2}{v^2}}$; la *distance à l'étrave*, $\Delta_m = \frac{L}{1 + \frac{\omega v^2}{v^2}}$, du *milieu* de son *premier creux ondulatoire* au-dessous de la flottaison; enfin la *distance à l'étrave*, $\delta_m = -\frac{1}{4}\left(\frac{L}{1 + \frac{\omega v^2}{v^2}}\right)$, de l'origine, sur la flottaison, de *son premier sommet*.

De plus, cette houle satellite jouit de la propriété de donner au plan de flottaison de ces carènes une inclinaison sur l'horizon, θ_m, ayant pour expression

$$\sin\theta_m = \sin i_m \sqrt{1 - \frac{w^2}{v^2}}$$

et commençant donc, seulement, à la vitesse w, pour augmenter ensuite en tendant vers la limite asymptotique,

$$(\sin\theta_m)_\infty = \sin i_m, \qquad \text{ou} \qquad (\theta_m)_\infty = i_m = 5^\circ\, 18'\, 20'',$$

à mesure que v croît, de w vers ∞ ; le profil de cette houle satellite tendant, en même temps, vers sa limite asymptotique définie par ses caractéristiques

$$(\lambda_m)_\infty = \mathrm{L}, \qquad (\Delta_m)_\infty = \mathrm{L}, \qquad (\delta_m)_\infty = -\frac{1}{4}\mathrm{L}.$$

Or, en traçant schématiquement ce projet limite, au moyen de ces trois caractéristiques, on reconnaît qu'il amènerait, en effet, le milieu de son premier creux ondulatoire directement au-dessous de l'extrémité de la flottaison de la poupe en lui permettant, ainsi, d'y subir le plus grand abaissement possible, pendant que la flottaison de la proue étant soulevée, de son côté, y fait reculer l'origine du premier sommet jusqu'à la distance $(\delta_m) = -\frac{1}{4}\mathrm{L}$, en arrière de l'étrave et, ce sommet lui-même jusqu'au contour du maître couple, où il se trouve donc en position de déniveler, le plus possible, la carène, en hauteur, de manière à diminuer sa profondeur d'immersion *moyenne* et, en conséquence, l'*accroissement relatif correspondant de la résistance de l'eau à sa translation.*

2. Mais les carènes qui produisent ces mêmes résultats, dans des mesures plus favorables encore à leurs vitesses, quelles qu'elles soient, sont celles des *canots automobiles de course, extra-rapides*, grâce aux dispositions suivantes dues à l'initiative éclairée d'un lieutenant de vaisseau, M. Quernel, qui en a proposé, le premier, l'essai, à son entrée dans les chantiers de construction de M. Despujols.

Leur longueur L′ et leur tonnage ont été réduits le plus possible, c'est-à-dire à 10 mètres et à 8 tonnes, environ. Leur maître couple, de largeur à peu près égale à $l' = \frac{1}{4}\mathrm{L}'$, a été reculé jusqu'à la distance $d' = \left(\frac{2}{3}\right)\mathrm{L}'$ de l'étrave. Leur poupe a été prolongée au delà du maître couple, sur une largeur un peu moindre, seulement, que l', sur la flottaison et, plus petite,

au-dessous, mais limitée, sur tous ses niveaux, à un plan vertical commun. De plus : le fond de ces canots s'étend horizontalement, depuis l'extrémité inférieure de l'étrave dont les lignes d'eau attaquent la masse liquide à leurs extrémités sur sa hauteur, sous l'*incidence latérale moyenne*, $i = i_m = 5^\circ 18' 20''$, *optimum*, jusqu'à l'extrémité inférieure de la poupe, en s'élargissant graduellement vers elle, en arrière du maître couple. Enfin, l'arbre de l'hélice s'allonge vers le centre de gravité du canot, suivant une pente ascendante sensiblement égale à l'inclinaison θ'_m, que doit prendre sur l'horizon son plan de flottaison, à la vitesse *maximum* qui lui est assignée.

3. J'ai reconnu, d'après les données dont j'ai eu connaissance, que les vitesses exceptionnellement grandes que les canots automobiles ont atteintes dans leurs épreuves, doivent être attribuées au fait qu'ils entretiennent, dans la masse liquide où ils se transportent, une houle satellite ne comprenant qu'une seule vague de translation divergente, celle de l'étrave, et dont le profil ayant pour caractéristiques,

$$\lambda'_m = \frac{5}{6}\left(\frac{L'}{1+\frac{2gL'}{v^2}}\right), \qquad \Delta'_m = \left(\frac{L'}{1+\frac{2gL'}{v^2}}\right), \qquad \delta' = \frac{5}{12}\left(\frac{L'}{1+\frac{2gL'}{v^2}}\right),$$

donne à leur plan de flottaison une inclinaison, θ'_m, sur l'horizon d'autant plus favorable à leurs vitesses que sa valeur, calculée par la formule que j'ai été conduit à lui attribuer,

$$\sin\theta'_m = \sin i_m \sqrt{\frac{2}{1+\frac{2gL'}{v^2}}},$$

est plus grande.

Or les valeurs de θ'_m satisfaisant à cette formule sont toutes plus grandes, à vitesses égales, que les valeurs correspondantes de θ_m déduites de la relation

$$\sin\theta_m = \sin i_m \sqrt{1 - \frac{w^2}{v^2}},$$

relative aux carènes des navires de mer de formes les plus favorables que possible à leurs grandes vitesses dépassant w.

On peut s'en convaincre par l'analyse comparative suivante.

D'abord, l'inclinaison θ'_m commence, dès le début du mouvement, puisque $\theta'_m = 0$, pour $v = 0$; tandis que l'inclinaison θ_m commence seulement à la vitesse w qui est l'origine des grandes vitesses des carènes de formes usuelles. De plus, l'inclinaison θ'_m atteint, à la vitesse $v' = \sqrt{2gL}$

de 14^m à la seconde, sa valeur, i_m, que θ_m tend seulement à atteindre à la vitesse $v = \infty$.

Enfin, $\sin\theta'_m$ tend vers la limite asymptotique $(\sin\theta'_m)_\infty = (\sqrt{2})\sin i_m$ ou $(\theta'_m)_\infty = 7°31'$, à mesure que v croît vers ∞, tandis que θ_m tend seulement vers la limite asymptotique $\theta_m = 5°18'20''$.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages exprimés, MM. **H. Deslandres** et **H. Le Chatelier** sont réélus membres du *Conseil de Perfectionnement de l'École Polytechnique* pour l'année scolaire 1923-1924.

NOMINATIONS.

M. **P. Termier** est désigné pour faire une lecture à la Séance publique annuelle des cinq Académies.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les groupes linéaires à invariant bilinéaire ou quadratique dans le champ réel et complexe.* Note de M. **de Séguier**, présentée par M. Appell.

L'étude de la structure des groupes linéaires galoisiens à invariant bilinéaire ou quadratique étant achevée depuis quelques années, je me suis proposé d'utiliser les résultats ainsi acquis pour déterminer les générateurs et la structure des mêmes groupes dans le champ $\mathfrak{N}_1$ des nombres réels et dans celui $\mathfrak{N}'_1$ des nombres complexes.

La principale difficulté provenant des types nouveaux de formes non équivalentes qui se présentent dans ces différents champs, il suffit de considérer les groupes hermitiens dans $\mathfrak{N}'_1$ et les groupes quadratiques dans $\mathfrak{N}_1$.

La méthode suivie consiste dans l'emploi du champ $\mathfrak{N}$ des nombres rationnels comme intermédiaire et de la théorie des résidus quadratiques et biquadratiques.

J'appellerai ici *continus* les groupes de Lie dont chaque substitution peut se réduire à 1 par variation continue des paramètres sans sortir du groupe, et les autres *semi-continus*. Je me servirai d'ailleurs des mêmes notations que dans mon Mémoire : *Sur les groupes à invariant bilinéaire ou quadratique dans un champ de Galois* (*J. M.*, 1916), auquel je renverrai par la lettre *M.*

Voici les principaux résultats que j'ai obtenus :

1. Soient H le groupe des substitutions linéaires de $\mathfrak{N}_1$ qui conservent la forme $a = \varphi + \psi$ en posant

$$\varphi = Zi\Sigma_1^\nu(x_j\dot{y}_j - y_j\dot{x}_j), \qquad \psi = \Sigma_1^{n-2\nu}\psi_k, \qquad \psi_k = z_k\dot{z}_k,$$

et en désignant généralement par $\dot{u}$ la conjuguée de u; H^0 le groupe des substitutions unimodulaires de H; J le groupe des similitudes de H; J^0 celui des similitudes de H^0; H_k le groupe de $\varphi + \psi_k$; H_{kl} le groupe de $\varphi_k + \psi_l$; H_k^0, H_{kl}^0 les diviseurs unimodulaires respectifs de H_k, H_{kl}. Les H_k ne se présentent que si $0 < \nu < \frac{n}{2}$, et les H_{kl} que si $n - 2\nu \geqq 2$.

Pour $n - 2\nu < 2$, les générateurs de H^0 sont les u, v, V (*M.*, 6, 8). Les générateurs de H_{kl}^0 sont les $\zeta_{kl}^{\alpha\beta} = \begin{vmatrix} z_k & \alpha z_k + \beta z_l \\ z_l & -\dot{\beta} z_k + \dot{\alpha} z_l \end{vmatrix}$ $(\alpha\dot{\alpha} + \beta\dot{\beta} = 1)$. Pour $n \geqq 2$, H^0 dérive des H_k^0 et des H_{kl}^0.

H et H^0 sont continus, et $H^0 | J^0$ est simple.

2. Soient Q le groupe des substitutions linéaires de $\mathfrak{N}_1$ qui conservent la forme $a = \varphi + \psi$ en posant

$$\varphi = \Sigma_1^\nu x_j y_j, \qquad \psi = \Sigma_1^{n-2\nu} z_k^2;$$

Q_k le groupe de $\varphi + \psi_k$, en posant $\psi_k = z_{2k-1}^2 + z_{2k}^2$ $(2k \leqq n - 2\nu)$ et, si n est impair, $z_{n-2\nu}^2 = \psi_0$; Q_{kl} le groupe de $\psi_k + \psi_l$ $(k \neq l)$; Q^0, Q_k^0, Q_{kl}^0 les diviseurs unimodulaires respectifs de Q, Q_k, Q_{kl}; R_k le groupe *réduit* de $\varphi + \psi_k$, c'est-à-dire le groupe dérivé des substitutions V, U, W de Q_k (*M.*, 28, 39); d la similitude d'ordre 2, et $D = \{d\}$; d_j la substitution qui remplace x_l par $-x_j$ et y_j par $-y_j$. Les Q_k ne se présentent que si $0 < \nu < \frac{n}{2}$, et les Q_{kj} que si $n - 2\nu \leqq 3$.

Pour $n = 3$ *et* $\nu = 0$, Q^0 est isomorphe au groupe $H^0 | J^0$ relatif à $\Sigma_1^2 z_k \dot{z}_k$,

la substitution de Q^0 qui répond à $\zeta_{12}^{\alpha\beta}$ étant

$$\left|\begin{array}{ll} x_1 & \alpha^2 x_1 - \beta^2 y_1 + 2\alpha\beta x \\ y_1 & -\dot{\beta}^2 x_1 + \dot{\alpha}^2 y_1 + 2\dot{\alpha}\dot{\beta} x \\ x & -\alpha\dot{\beta} x_1 - \beta\dot{\alpha} y_1 + (\alpha\dot{\alpha} - \beta\dot{\beta}) x \end{array}\right|$$

$$(z_1 = x_1 + i y_1,\ z_2 = x_1 - i y_1,\ z_3 = x).$$

Pour $n = 4$ *et* $\nu = 0$, $Q^0 | D$ est produit direct de deux groupes isomorphes au même groupe $H^0 | J^0$, la substitution générale de Q^0 étant le produit des deux substitutions permutables

$$r = \left|\begin{array}{ll} x_1 & \alpha x_1 + \beta y_2 \\ y_2 & \dot{\alpha} y_1 + \dot{\beta} x_2 \\ x_1 & -\beta y_1 + \alpha x_2 \\ y_2 & -\dot{\beta} x_1 + \dot{\alpha} y_2 \end{array}\right| \qquad s = \left|\begin{array}{ll} x_1 & \alpha_1 x_1 + \beta' x_2 \\ y_1 & \dot{\alpha}' y_1 + \beta' y_2 \\ x_2 & -\dot{\beta}' x_1 + \alpha' x_2 \\ y_2 & -\dot{\beta}' y_1 + \dot{\alpha}' y_2 \end{array}\right|$$

$$(z_1 = x_1 + i y_1,\ z_2 = x_1 - i y_1,\ z_3 = x_2 + i y_2,\ z_4 = x_2 - i y_2,$$
$$\alpha\dot{\alpha} + \beta\dot{\beta} = 1,\ \alpha'\dot{\alpha}' + \beta'\dot{\beta}' = 1).$$

Soit $n \geqq 3$ *et* $\nu \geqq 0$. Pour $\nu < \frac{n}{2}$ Q^0 dérive des Q_k^0 et des Q_{kl}^0. Désignons par R, pour $\nu < \frac{n}{2}$ le p. p. c. m. des R_k et des Q_{kl}^0, et, pour $\nu = \frac{n}{2}$ le p. p. c. m. des V, U, W. R est continu. Si $\nu = 0$, $Q^0 = R$. Si $\nu > 0$, $Q^0 = R + d_1 R$, et alors Q^0 est semi-continu. R contient D toujours et seulement si n et ν sont pairs. Pour $n \geqq 5$, RD | D est simple.

3. Dans les cas $n = 3$, $\nu = 1$; $n = 5$, $\nu = 2$; $n = 6$, $\nu = 2$, 3, il existe entre R et d'autres groupes à un moindre nombre de variables des homomorphismes tout semblables à ceux qui se présentent dans le champ galoisien (*M.*, 40, 43-46). Pour $n = 6$ et $\nu = 0$, R | D est isomorphe au groupe $H^0 | J^0$ relatif à $\Sigma_1^4 z_k \dot{z}_k$.

En négligeant dans ce qui précède les groupes facteurs d'ordre fini, on retrouve des théorèmes dus à M. Cartan (*A. E. N.*, 1914, p. 286, 353-355). La méthode suivie conduit aussi en particulier très simplement aux groupes finis quaternaires obtenus par M. Goursat (*A. E. N.*, 1889) et M. Bagnera (*R. C. M. P.*, 1901) et aux propositions établies par M. Giraud dans le premier Chapitre de sa Thèse (*A. E. N.*, 1915).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application du calcul tensoriel.* Note de M. S. Sanielevici.

1. L'équation de Laplace en coordonnées quelconques s'écrit comme l'on sait

$$g^{\mu\nu}\frac{\partial^2 u}{\partial x_\mu \, \partial x_\nu} - g^{\mu\nu}\left\{\begin{matrix}\mu\nu\\ \alpha\end{matrix}\right\}\frac{\partial u}{\partial x_\alpha} = 0 \qquad (\mu,\ \nu,\ \alpha, \text{ indices } \textit{muets}),$$

le carré de l'élément linéaire étant

$$ds^2 = g_{\mu\nu}\, dx_\mu \, dx_\nu.$$

Le coefficient de $\frac{\partial u}{\partial x_\alpha}$ peut être mis sous une forme plus commode; on a en effet

$$-g^{\mu\nu}\left\{\begin{matrix}\mu\nu\\ \alpha\end{matrix}\right\} = g^{\alpha\beta}\frac{\partial}{\partial x_\beta}\log\left(g^{\alpha\beta}\sqrt{g}\right) \qquad (\beta, \text{ indice } \textit{muet})$$

g étant le déterminant des $g_{\mu\nu}$.

On déduit de là la condition nécessaire et suffisante pour que la famille

$$x_\alpha = \text{const.}$$

soit *isotherme;* il faut et il suffit que

$$(1) \qquad \frac{g^{\alpha\beta}}{g^{\alpha\alpha}}\frac{\partial}{\partial x_\beta}\left(\log g^{\alpha\beta}\sqrt{g}\right) = \text{fonct. de } x_\alpha \text{ seule.}$$

C'est la généralisation du critère donné par Lamé.

2. Comme application proposons-nous de chercher les familles isothermes admettant les transformations d'un groupe continu à un paramètre. On pourra ramener le groupe à sa forme canonique

$$u_i(x'_1, x'_2, \ldots, x'_n) = u_i(x_1, x_2, \ldots, x_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-1);$$
$$u_n(x'_1, x'_2, \ldots, x'_n) = u_n(x_1, x_2, \ldots, x_n) + t.$$

Comme l'équation de la famille est alors nécessairement de la forme

$$u_n = f(u_1, u_2, \ldots, u_{n-1}) + \lambda,$$

on prendra comme coordonnées curvilignes λ, u_1, u_2, $\ldots$, u_{n-1} et l'on appliquera le critère (1) à la famille

$$\lambda = \text{const.}$$

On sera ainsi conduit à une équation aux dérivées partielles du second ordre pour la fonction inconnue $f(u_1, u_2, \ldots, u_{n-1})$.

Par exemple, la famille de courbes isothermes admettant le groupe (en coordonnées polaires)

$$r' = r\,e^{kt},$$
$$\theta' = \theta + t$$

a pour équation

$$e^{a(\theta + k\log r)}\cos(a\log r - ak\theta + c) = \text{const.} \qquad (c = \text{const.}).$$

On trouve de même que les surfaces isothermes homothétiques, par rapport à l'origine, s'obtiennent en égalant à une constante, soit une fonction homogène harmonique, soit une fonction homogène dont le logarithme est harmonique.

3. Soit encore à trouver les familles isothermes formées de surfaces parallèles. On aura

$$x = \lambda c + \xi,$$
$$y = \lambda c' + \eta,$$
$$z = \lambda c'' + \zeta,$$

ξ, η, ζ étant les coordonnées d'un point d'une surface particulière de la famille, c, c', c'' les cosinus directeurs de la normale; ces six quantités sont fonctions de deux paramètres u et v. On prendra comme coordonnées curvilignes λ, u, v et, en écrivant que $\lambda = \text{const.}$ est une famille isotherme, on sera conduit à exprimer que le déterminant

$$\begin{vmatrix} c & c' & c'' \\ \lambda\dfrac{\partial c}{\partial u} + \dfrac{\partial \xi}{\partial u} & \lambda\dfrac{\partial c'}{\partial u} + \dfrac{\partial \eta}{\partial u} & \lambda\dfrac{\partial c''}{\partial u} + \dfrac{\partial \zeta}{\partial u} \\ \lambda\dfrac{\partial c}{\partial v} + \dfrac{\partial \xi}{\partial v} & \lambda\dfrac{\partial c'}{\partial v} + \dfrac{\partial \eta}{\partial v} & \lambda\dfrac{\partial c''}{\partial v} + \dfrac{\partial \zeta}{\partial v} \end{vmatrix}$$

est une fonction de λ, multipliée par une fonction de u et v; ce qui signifie que les rayons de courbure principaux de la surface considérée sont constants. Il n'y a donc pas d'autres familles isothermes formées de surfaces parallèles que les sphères concentriques, les cylindres circulaires de même axe et les plans parallèles.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégrale de Poisson.* Note de M. **Evans**, présentée par M. Hadamard.

On constate que l'on peut simplifier les hypothèses données dans les Notes récentes de M. Bray et moi [1] par l'omission de la condition (a).

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1368 et 1042.

La condition nécessaire et suffisante pour la formule généralisée de Poisson est donc la seule condition (b) — que $\int_0^{2\pi} |u(r, \theta)| d\theta$ reste bornée, $r < 1$; la condition nécessaire et suffisante pour la formule ordinaire de Poisson est (c') — que la continuité absolue de $\int |u(r, \theta)| d\theta$ soit uniforme pour une suite dénombrable $\{r_n\}$, $\lim_{n=\infty} r_n = 1$, de valeurs de r, condition qui est manifestement satisfaite si $u(r, \theta)$ reste bornée. Pour établir cela, il suffit de démontrer que (a) est impliquée par (b).

En posant, pour simplifier, $u(0) = 0$, on écrit

$$F(r, \theta) = \int_0^{\theta} u(r, \theta)\, d\theta = \sum_1^{\infty} (r^k (A_k \cos k\theta + B_k \sin k\theta),$$

où

$$|A_k|, |B_k| < \frac{T}{\pi r^k k} \qquad (r < 1),$$

avec

$$T > \int_0^{2\pi} |u(r, \theta)|\, d\theta.$$

Mais [condition (b)] la quantité T ne dépend pas de r, et nous pouvons poser

$$|A_k|, |B_k| = \frac{T}{\pi k}.$$

Donc la série

$$\sum_1^{\infty} (A_k \cos k\theta + B_k \sin k\theta) = F_1(\theta)$$

est convergente presque partout [1], et par conséquent le procédé de sommation donné par $\lim_{n=\infty} F(r, \theta)$ est convergent vers $F_1(\theta)$ pour les mêmes valeurs de θ. Mais encore [condition (b)], $F_1(\theta)$ est à variation bornée sur ces valeurs de θ, et par extension on peut la définir comme fonction de variation bornée pour tout θ, $0 \leqq \theta \leqq 2\pi$. Cela suffit pour appliquer le théorème de Bray, comme dans les Notes citées, les points où $\lim_{r=1} F(r, \theta) = F_1(\theta)$ étant denses dans tout intervalle. Ainsi on obtient la formule généralisée de Poisson, et aussi la condition (a), que $\lim_{r=1} F(r, \theta)$ existe pour tout θ.

---

(1) Jerosch et Weyl, *Mathematische Annalen*, t. 66, p. 70.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques applications techniques des équations intégrales.* Note de M. **F.-H. VAN DEN DUNGEN**, transmise par M. Émile Borel.

1. Jusqu'à présent, l'équation de M. Fredholm n'a été utilisée qu'en Analyse pure et en Physique mathématique. Nous avons fait quelques applications de ces équations à des problèmes intéressant l'art de l'ingénieur : vitesses critiques, vibrations, charges de flambement, oscillations électriques.

Dans ces problèmes, le point principal est la recherche des nombres fondamentaux pour lesquels l'équation homogène admet une solution non identiquement nulle. Les conditions souvent compliquées des questions techniques rendent, en général, la résolution exacte impraticable et l'on devra se borner à des calculs approchés; dans ce but, on se servira de deux procédés d'un grand intérêt, à savoir :

a. L'application de la méthode de Grœffe, qui permet de trouver rapidement les racines de $D(\lambda) = 0$; on voit ainsi que le plus petit nombre fondamental est donné approximativement par

$$\lambda = \frac{1}{A_1}, \tag{1}$$

A_1 étant la première trace; nous retrouverons grâce à cette formule des formules expérimentales importantes.

b. Le procédé d'approximations successives de M. Picard, qui permet également de calculer, avec la précision voulue, les nombres fondamentaux [1]; nous en déduirons également des formules expérimentales.

2. *Équation intégrale des vitesses critiques.* — Soient respectivement, F et C, f et c, les forces et les couples locaux et répartis qui sollicitent en flexion plane une pièce reposant sur un ou plusieurs appuis; les flèches seront mesurées par l'ordonnée y, fonction de l'abscisse s variant de 0 à l, d'une extrémité de la pièce à l'autre; l'inclinaison de la ligne élastique sera désignée par y', dérivée de y par rapport à s. Le théorème de Betti-Boussinesq-Levy s'étend à ce cas de flexion et donne

$$\Sigma F\bar{y} - \Sigma C\bar{y}' + \int_0^l f\bar{y}\,ds - \int_0^l c\bar{y}'\,ds = \Sigma\bar{F}y - \Sigma\bar{C}y' + \int_0^l \bar{f}y\,ds - \int_0^l \bar{c}y'\,ds,$$

[1] Voir notre Note, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1864.

en comparant deux états de sollicitations différentes; les forces sont supposées positives dans le sens des y croissants et les couples, suivant le sens de rotation Oy sur Ox. Il s'ensuit que si α_{xs} mesure la flèche en x lorsque la pièce n'est sollicitée que par une force unitaire en s et que, de même, β_{xs} est la flèche en x due à un couple unitaire en s, on aura

$$(2)\qquad \begin{cases} y_x = \int_0^l \alpha_{xs} f_s\, ds + \int_0^l \beta_{xs} c_s\, ds + \Sigma \alpha_{xh} F_h + \Sigma \beta_{xh} C_h \\ \text{et} \\ y'_x = \int_0^l \gamma_{xs} f_s\, ds + \int_0^l \delta_{xs} c_s\, ds + \Sigma \gamma_{xh} F_h + \Sigma \delta_{xh} C_h, \end{cases}$$

avec les relations

$$\frac{\partial \alpha_{xs}}{\partial x} = \gamma_{xs}, \qquad \frac{\partial \beta_{xs}}{\partial x} = \delta_{xs}$$

et

$$\alpha_{xs} = \alpha_{sx}, \qquad \beta_{xs} = -\gamma_{sx}, \qquad \delta_{xs} = \delta_{sx} \quad (^1).$$

Dans le cas d'un rotor soumis à des forces et des couples centrifuges, on a

$$(3)\qquad \begin{cases} f_s = \dfrac{p_s}{g}\omega^2(y_1 + e_s), & F_h = \dfrac{P_h}{p}\omega^2(y_h + e_h) \\ \text{et} \\ c_s = \dfrac{p_s}{g}\dfrac{r^2}{4}\omega^2(y'_s + \theta_s), & C_h = \dfrac{I_{1h} - I_h}{g}\omega^2(y'_h + \theta_h); \end{cases}$$

dans ces formules nous avons désigné par p le poids de l'arbre par unité de longueur, r son rayon, P le poids d'un disque porté par l'arbre, I_1 le moment d'inertie d'un disque pour son axe de révolution, I le moment d'inertie pour un axe normal au précédent, e et θ des excentricités et inclinaisons dues aux défauts de construction et, enfin, ω la vitesse angulaire de rotation.

Grâce à ces valeurs des forces et des couples, les équations (2) deviennent des équations intégrales dont le paramètre est ω^2; on réduit ces équations à une seule équation du type de M. Fredholm par l'emploi d'un noyau discontinu défini pour un intervalle d'intégration $2l + 2n$ s'il y a n forces F_h et n couples C_h (²).

Les vitesses critiques sont fournies par les valeurs de ω pour lesquelles y devient infini : ce sont les racines de l'équation $D(\omega^2) = 0$; leurs carrés sont

---

(¹) Il existe aussi des relations exprimant que le travail de flexion est positif. On a, par exemple, $\alpha_{xx} > 0$ et $\delta_{xx} < 0$.

(²) Il suffit d'employer un artifice analogue à celui imaginé par M. Fredholm pour résoudre un système d'équations intégrales du type ordinaire.

les nombres fondamentaux de l'équation intégrale homogène obtenue en supposant que e et θ sont nuls dans (3).

Le noyau de l'équation peut être ramené à la forme de M. E. Schmidt; on en déduit d'intéressantes conséquences pour les questions fondamentales, entre autres, une condition d'orthogonalité [1].

3. *Formule de Dunkerley.* — La formule (1) donne immédiatement, pour la plus basse vitesse critique, la relation

$$\frac{1}{\omega^2} = \int_0^l \alpha_{ss} \frac{p_s}{g} ds + \int_0^l \delta_{ss} \frac{p_s}{g} \frac{r^2}{4} ds + \Sigma \alpha_{hh} \frac{l_h}{g} + \Sigma \delta_{hh} \frac{I_{ih} - I_h}{g},$$

qui s'identifie dans des cas simples avec la formule expérimentale de Dunkerley; chacun des termes du second membre a un sens physique bien déterminé; par exemple $\alpha_{hh} \frac{P_h}{g}$ est l'inverse du carré de la vitesse critique du rotor étudié, sous l'effet de la force F_h agissant seule [2].

ASTRONOMIE. — *Essai de représentation de la durée t d'évolution continue des étoiles en fonction de la température effective* θ. *Application au Soleil.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

La théorie de Russell, complétant celle de Lockyer, suppose que l'évolution continue des étoiles les fait passer sans changement de masse et par condensation gravitative de la phase de *géantes* à celle de *naines* après avoir atteint un maximum θ_m de leur température effective : mais elle ne donne aucune indication sur la durée de cette évolution. La théorie d'Eddington fait seulement prévoir que l'évolution ascendante est plus courte que l'évolution descendante parce que, à température égale θ, les géantes rayonnent beaucoup plus que les naines : la dissymétrie de la courbe d'évolution doit donc être d'autant plus accentuée que le rayonnement de l'étoile géante est plus grand, c'est-à-dire que sa masse est plus forte.

Étant donné que la température limite $\theta = -273°$ ne peut être atteinte par aucune étoile géante ou naine, la courbe représentative de la durée t d'évolution en fonction de θ présente un maximum θ_m et est asymptotique

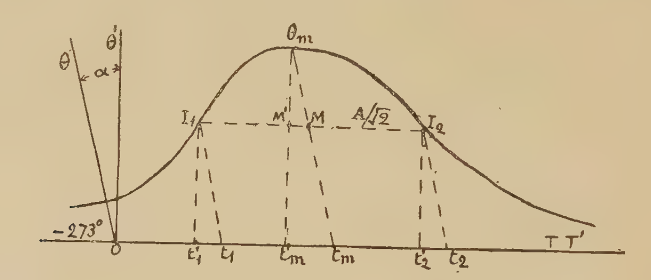
(1) On peut également démontrer que les pôles du noyau résolvant sont simples et réels.

(2) M. Hahn a obtenu une formule analogue à celle-ci (*Schweitz. Bauzeit.*, 9 et 16 novembre 1918) par un raisonnement purement intuitif.

du côté des géantes et des naines à l'axe des t pour $\theta = -273°$. Elle est donc de la forme générale de la courbe en cloche de Gauss, d'où

(1) $$\theta = \theta_m e^{-\left(\frac{t-t_m}{A}\right)^2} \qquad (t_m \text{ correspondant à } \theta_m).$$

Mais cette courbe rapportée à des axes rectangulaires serait symétrique par rapport à l'ordonnée θ_m. Pour obtenir une courbe analogue, mais dissymétrique par rapport à θ_m, il suffit de supposer que la courbe (1) est rapportée à des axes obliques, OT faisant avec Oθ un angle $(90 + \alpha)$ et



qu'elle est ensuite projetée sur des axes rectangulaires OT', Oθ'; OT' coïncidant d'ailleurs avec OT. L'équation de la courbe dissymétrique est alors par la transformation de coordonnées

(2) $$\theta' = \theta'_m e^{-A^2[t' - t'_m + \operatorname{tang}\alpha(\theta' - \theta'_m)]^2},$$

tang α caractérise alors la dissymétrie de la courbe d'évolution, dissymétrie augmentant avec la masse, tandis que A caractérise la lenteur de l'évolution.

D'après ce qui précède, la courbe d'évolution présente toujours deux points d'inflexion I_1, I_2, un sur chacune des deux branches. Par suite, *il y a toujours pour chaque étoile un type spectral où la vitesse d'évolution est maxima soit dans la phase géante, soit dans la phase naine.*

La statistique des étoiles de chaque type spectral pourrait peut-être vérifier cette particularité théorique. Déjà dans leur statistique de 1643 étoiles classées suivant les types spectraux et les magnitudes absolues, Adams et Joy ont constaté la rareté des géantes des types F_0 à F_4 comparé au nombre des étoiles des types F_5 à F_9.

La température θ_i du point d'inflexion est :

(3) $$\theta_i = \theta_m e^{-\frac{1}{2}} = 0{,}6066\,\theta_m.$$

Ainsi *le type spectral correspondant à la vitesse d'évolution maxima ne dépend que de la température maximum* θ_m *pouvant être atteinte par l'étoile, c'est-à-dire de sa masse.* Les temps t_1, t_2 correspondant aux deux points d'inflexion sont dans le système (1) avec axes obliques Oθ, OT :

$$\left.\begin{matrix} t_1 \\ t_2 \end{matrix}\right\} = t_m \mp \frac{A}{\sqrt{2}}.$$

Et puisque $MI_1 = MI_2$, la distance I_1I_2 qui sépare dans le temps les deux points d'inflexion est égale à $A\sqrt{2}$, ce qui montre bien que la durée d'évolution augmente avec A.

Il est facile de calculer que dans le système d'axes $\theta' OT'$, la dissymétrie de la courbe est caractérisée par la différence des distances de I_1I_2 à l'ordonnance θ'_m, soit $2MM'$ ou :

$$(t'_2 - t'_m) - (t'_m - t'_1) = 2 \operatorname{tang}\alpha\, \theta'_m\left(1 - e^{-\frac{1}{2}}\right).$$

Il est probable que la durée de l'évolution pour une même masse augmente avec l'opacité de l'atmosphère stellaire qui serait ainsi en rapport avec A tandis que tang α et θ'_m seraient fonction de la masse.

Admettons que A ait été constant au cours de l'évolution du Soleil : si sa température maxima a été 8000° et s'il a mis 500 millions d'années pour évoluer de la température $\theta_0 = 2000°$ ascendante ($t = 0$) jusqu'au type G_5 actuel ($\theta = 6000°$) la théorie précédente permet de calculer la température 4850° des points d'inflexion de la courbe d'évolution et dans le système (1) les durées d'évolution ascendante depuis $t = 0$ (2000°) jusqu'au premier point d'inflexion au bout de 86,5 millions d'années (4850°) et jusqu'au maximum (8000°) au bout de 343,4 millions d'années. Le Soleil aurait donc mis 156 millions d'années à parcourir la courbe descendante de son évolution de 8000° à 6000°.

Si dans sa phase géante le protosoleil provenant de la région des Novæ (distance moyenne 20000 a. L. d'après Lundmark) s'est dirigé vers le centre de la Voie lactée avec la vitesse constante de 20^{km}, il y serait arrivé en 300 millions d'années; mais cette durée est un minimum, si la vitesse de 20^{km} par seconde a été impartie au Soleil par l'attraction des étoiles dispersées dans le noyau de la Voie lactée. Aussi est-il admissible de porter la durée d'évolution à 500 millions d'années, depuis l'époque où la température effective du protosoleil géant était de 2000°.

La statistique des étoiles réparties par grandeurs absolues d'après la courbe de Kapteyn et Van Rhyjn ne permet pas de décider s'il fut un

temps $t = 0$ où a commencé l'évolution de toutes les étoiles et où toutes elles étaient géantes; il est probable que le nombre des géantes toutes très brillantes fausse la statistique et fait ressortir un déficit relatif du nombre des étoiles naines peu lumineuses.

ASTRONOMIE. — *Influence des divers éléments d'un objectif (ouverture, distance focale, grossissement) sur la qualité des images télescopiques.* Note de **M. R. Jarry-Desloges**, présentée par M. Bigourdan.

Au cours de la discussion d'observations faites à Sétif en 1918, j'ai été amené à étudier sous toutes ses faces la qualité des images télescopiques, par rapport à sa dépendance des grossissements employés et des ouvertures données à l'instrument en vue de la meilleure définition possible.

Rappelons d'abord que les diaphragmes, ainsi que je l'ai déjà énoncé dans mes précédentes publications, ne peuvent être utilisés avec fruit notablement au-dessous du tiers du diamètre de l'objectif. C'est ainsi qu'avec un objectif de 50^{cm} de diamètre on ne peut descendre comme ouverture au-dessous de 33 ou 32^{cm}, tout au plus. Par suite, le diamètre moyen de l'ouverture employée à une station ne découle pas seulement de la qualité des images, mais aussi du diamètre brut de l'objectif.

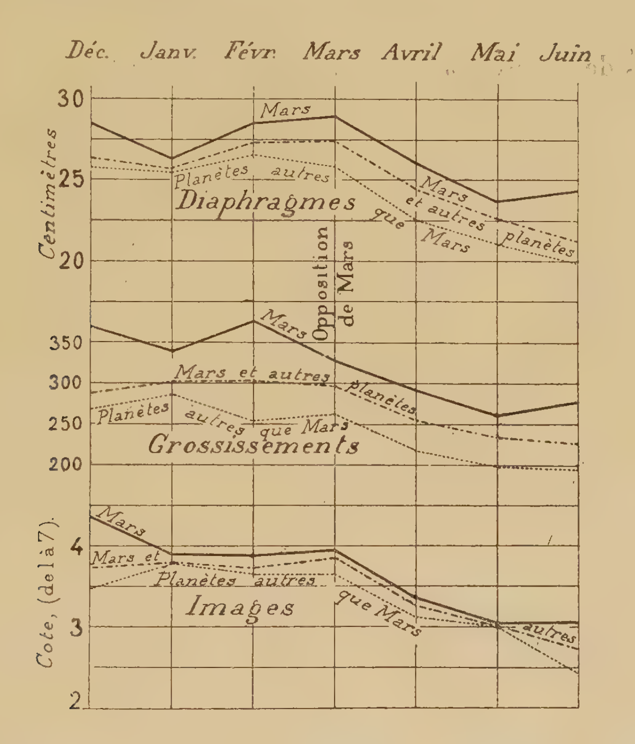
Nous avons vérifié cette loi en 1914 à Sétif, où l'on employait un objectif de 50^{cm} d'ouverture; nous n'avons jamais, pour ainsi dire, utilisé une ouverture inférieure à celle donnée théoriquement par la loi énoncée plus haut, ce qui d'ailleurs a beaucoup gêné nos travaux. En 1918, on s'est servi d'un réfracteur de 37^{cm} d'ouverture et de $4^{m},50$ de longueur focale, pouvant à la rigueur être diaphragmé à 25 ou 22^{cm}; et ces faibles ouvertures ont été même réduites pour certaines études planétaires, faites en plein jour.

Pour l'étude des *grossissements*, on ne doit pas oublier que certaines planètes les supportent moins bien que d'autres. D'un autre côté, le diamètre apparent du disque de la planète observée intervient aussi; plus il est faible, plus fort devra être le grossissement pour qu'on puisse apercevoir les plages de sa surface.

Mais il existe encore une autre cause moins connue, très importante, qui influe sur le choix du grossissement.

Il semble, en effet, d'après les recherches auxquelles je me suis livré, qu'il existe pour les grossissements une *longueur focale* optima des réfrac-

teurs. Cette longueur focale se trouverait entre 6^m et $6^m,75$. Au-dessus de cette longueur focale on perdrait plutôt qu'on ne gagnerait, mais c'est surtout dans les longueurs focales inférieures que la perte serait particulièrement importante. Une longueur focale de 3^m amènerait une très grande perte dans le grossissement; à $3^m,50$, elle est encore très notable, moindre à $4^m,50$ et faible à $5^m,50$. Avec 3^m de longueur focale par rapport à $6^m,35$, j'évalue la perte en grossissement à 75 amplifications, étant donnée une station de qualité moyenne comme images télescopiques, à 1000^m d'altitude, entre 45° et 35° de latitude.



L'existence de la longueur focale optima est difficile à expliquer. Toutefois, on ne doit pas oublier qu'avec un instrument de 3^m de longueur focale, les vagues atmosphériques sont au point, et donc bien visibles à une altitude beaucoup moins élevée qu'avec une longueur focale de $6^m,50$. D'un autre côté les vagues atmosphériques n'influencent pas la qualité des images de la même manière quand elles sont bien au point, ou quand elles ne le sont pas, d'autant plus qu'à 1000^m d'altitude, les vagues les plus denses sont déjà éliminées et que les autres se distinguent plus nettement, ce qui a fait dire à certains astronomes peu avertis que les images sont plus onduleuses à de

hautes altitudes qu'à de plus basses. Toutefois, les grandes longueurs focales présentent des désavantages multiples, en particulier la difficulté de mise au point. Il semblerait donc que la longueur focale optima dépend de causes diverses agissant peut-être même en sens contraire.

En étudiant le diagramme que je donne ici, on constatera qu'il existe une corrélation manifeste entre l'ouverture donnée à l'instrument et la qualité des images.

On pourrait croire qu'il en est complètement de même pour les grossissements; mais, après expérience, il est apparu que c'est à peu près uniquement de la qualité des images et non de l'ouverture donnée à l'instrument que résulte le pouvoir amplificateur; l'ouverture ayant peu d'influence à ce sujet, beaucoup moins que la longueur focale, surtout dès qu'on arrive à une ouverture atteignant ou dépassant 26^{cm}. Par contre, quand la qualité des images permet d'utiliser 33 à 35^{cm} d'ouverture, on constate que la définition serait meilleure pour une amplification donnée qu'avec une ouverture moindre.

Ceci nous permet d'avoir une opinion sur l'instrument en général le meilleur pour les études planétaires. L'ouverture du réfracteur aurait de 34 à 35^{cm} suivant que l'altitude serait légèrement inférieure ou supérieure à 1000^{m}. Longueur focale $6^{m},35$ à $6^{m},50$. Objectif très surcorrigé au point de vue achromatique. Barillet très léger en fonte, ajouré en tous sens. Coupole en partie enterrée. Dôme préservé des changements de température par des paillassons fortement irrigués.

COSMOGONIE. — *Possibilité d'un potentiel infini, et d'une vitesse moyenne de toutes les étoiles égale à celle de la lumière* Note (¹) de M. **E. Selety**, transmise par M. Émile Borel.

1. Du point de vue de la relativité de la grandeur l'hypothèse la plus satisfaisante est que, dans l'univers à hiérarchie moléculaire, les longueurs, temps et masses sont proportionnels l'un à l'autre dans les systèmes des différents ordres, tandis que les vitesses relatives sont les mêmes (²). J'appelle cet univers « à hiérarchie moléculaire avec similitude dynamique ». Tous

(¹) Séance du 16 juillet 1923.

(²) La même hypothèse était déjà faite par M. Fournier d'Albe dans son Livre : *Two New Worlds*.

les systèmes d'ordre quelconque peuvent alors être dynamiquement stables.

Dans l'univers à hiérarchie moléculaire, le potentiel à la surface d'un système quelconque d'ordre i (qu'il soit situé à la périphérie ou au centre des systèmes dans lesquels il est contenu) est plus grand, en valeur absolue, que

$$k^2\frac{M_i}{R_i}+k^2\sum_i^\infty{}_n\frac{M_{n+1}-M_n}{R_{n+1}}.$$

Dans la hiérarchie moléculaire avec similitude dynamique, le potentiel est donc infini.

Mais il n'est pas nécessaire que le potentiel soit fini ([1]). Pour échapper aux objections de Seeliger, il suffit que les accélérations de la gravité restent sûrement inférieures à une quantité donnée. Et pour cela il suffit que la densité moyenne décroisse plus vite que $\frac{1}{r}$.

Einstein a dit que la différence de potentiel à l'infini ne doit pas être plus grande que celle qui peut produire des vitesses de la grandeur des vitesses connues des étoiles ([2]). Cela l'a conduit à son « objection de désolation ». Mais bien que les corps qui viennent des grandes distances aient des grandes vitesses, il est possible qu'ils n'arrivent qu'assez *rarement*. La théorie de la sphère de gaz isotherme (dans laquelle la masse est infinie comme r, le potentiel comme Log r) et, encore plus exactement, le calcul de G.-H. Darwin concernant l'équilibre d'un nuage de météorites ([3]), prouvent qu'un équilibre *statistique* est possible dans un univers à symétrie sphérique avec des masses infinies, un potentiel infini et des vitesses moyennes aussi petits qu'on veut.

2. Pour les mêmes raisons pour lesquelles il n'est pas satisfaisant qu'il y ait un point exceptionnel dans l'espace, il n'est pas satisfaisant que la

---

([1]) Selon la théorie générale de la relativité, le potentiel est nécessairement fini, si l'univers à quatre dimensions doit être quasi minkowskien (au sens usuel), c'est-à-dire quand un système de coordonnées est possible dans lequel les $g_{\mu\nu}$ s'écartent partout très peu des valeurs ± 1 pour $\mu=\nu$, et 0 pour $\mu\neq\nu$. Mais j'espère pouvoir prouver ailleurs que, même selon la théorie de la relativité généralisée, une hiérarchie moléculaire avec similitude dynamique est possible. L'univers n'est pas alors quasi minkowskien, mais, si je puis dire, « non uniformément minkowskien ».

([2]) EINSTEIN, *Berlin Sitzungsberichte*, 1917, p. 143.

([3]) G.-H. DARWIN, *London Transactions*, vol. 180A, 1889, p. 36, etc.; *London Proceedings*, vol. 45, 1888, p. 12.

matière prenne de préférence un état de mouvement uniforme. Le premier cas correspond à l'existence, dans l'univers de Minkowski, d'une *ligne* de temps singulière, le second d'une *direction* de temps singulière. Pour qu'il n'y en ait pas, la matière ne doit pas être dans un état quasi statique. Mais elle n'est parfaitement non statique, que lorsque la vitesse relative moyenne est infinie, d'après la théorie classique, et égale à celle de la lumière (c), d'après la théorie de la relativité restreinte.

Nous désignons, dans la hiérarchie moléculaire avec similitude dynamique, la vitesse de chaque système d'ordre n par rapport au centre de gravité du système d'ordre $n+1$, dans lequel il est contenu, par v. Alors, selon la théorie classique, la racine carrée de la vitesse quadratique moyenne des systèmes du premier ordre par rapport au centre de gravité de système d'ordre n, dans lequel ils sont contenus, est

$$\nu = v\sqrt{n}.$$

Donc, d'après la théorie classique, la vitesse relative moyenne de toutes les étoiles de l'univers est infinie, mais la vitesse relative de deux étoiles particulières quelconques est naturellement finie. J'ai trouvé d'après la théorie de la relativité restreinte, pour une valeur moyenne analogue, la valeur

$$v_n = c\sqrt{1-\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^n} = v\sqrt{n-\binom{n}{2}\frac{v^3}{c^2}}, \ldots$$

Comme v est petit vis-à-vis de c, pour de petites valeurs de n cette formule est identique à la précédente; pour n grand, v_n tend vers la limite c. Donc la valeur moyenne des vitesses relatives de tous les corps du même ordre de grandeur est *égale à c*, mais, dans chaque cas particulier, la vitesse est naturellement *inférieure à c*.

En rattachant à cela ma démonstration de la possibilité d'un univers à hiérarchie moléculaire sans centre de gravité ([1]), *il est donc prouvé qu'un univers minkowskien avec une densité moyenne nulle est possible mathématiquement et physiquement sans aucune singularité cosmologique, c'est-à-dire sans qu'il y ait une ligne de temps ou une direction de temps exceptionnelles.*

([1]) *Comptes rendus*, 9 juillet 1923.

ÉLASTICITÉ. — *Sur un problème d'élasticité en coordonnées polaires.* Note de M. **Wladimir de Bélaévsky**, présentée par M. Mesnager.

La résolution du problème relatif à l'équilibre élastique d'une enveloppe cylindrique soumise à la pression extérieure et intérieure (problème de Lamé) conduit, comme on sait, aux expressions de tensions qui ne contiennent que deux constantes arbitraires.

Je vais montrer dans la présente Note comment on peut obtenir une solution du même problème qui contiendrait trois constantes.

Dans ce cas-là, les équations d'élasticité en coordonnées polaires se réduisent à une seule :

$$\frac{\partial \widehat{rr}}{\partial r} + \frac{\widehat{rr} - \widehat{\theta\theta}}{r} = 0 \qquad \text{[notations de Love (1)]}. \tag{1}$$

Les fonctions $\widehat{rr}$ et $\widehat{\theta\theta}$ doivent vérifier les conditions de Saint-Venant-Beltrami :

$$\left\{\begin{aligned} &\nabla^2 \widehat{rr} - \frac{2}{r^2}(\widehat{rr} - \widehat{\theta\theta}) + k\,\frac{\partial^2 \Delta}{\partial r^2} = 0 \\ &\nabla^2 \widehat{\theta\theta} + \frac{2}{r^2}(\widehat{rr} - \widehat{\theta\theta}) + k\,\frac{1}{r}\,\frac{\partial \Delta}{\partial r} = 0 \end{aligned}\right. \qquad \left(k = \frac{1}{1+\sigma}\right), \tag{2}$$

∇^2 étant le symbole de Laplace, $\Delta = \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r}$ la dilatation cubique, σ le coefficient de Poisson.

Mettons l'expression $\widehat{rr} - \widehat{\theta\theta} = -r\frac{\partial \widehat{rr}}{\partial r}$ tirée de (1) dans la première équation (2) et l'on aura

$$\nabla^2 \widehat{rr} + \frac{2}{r}\,\frac{\partial \widehat{rr}}{dr} = -k\frac{\partial^2 \Delta}{\partial r^2}.$$

Mais puisque

$$\nabla^2 \widehat{rr} = \frac{\partial^2 \widehat{rr}}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\,\frac{\partial \widehat{rr}}{\partial r}, \tag{3}$$

on obtient, au lieu de (3), l'équation suivante :

$$\frac{\partial^2 \widehat{rr}}{\partial r^2} + \frac{3}{r}\,\frac{\partial \widehat{rr}}{\partial r} = -k\frac{\partial^2 \Delta}{\partial r^2}. \tag{4}$$

---

(1) Love, *A treatise on the Mathematical theory of elasticity*, 1920.

La dilatation cubique Δ vérifie l'équation de Laplace

$$\nabla^2\Delta \equiv \frac{\partial^2\Delta}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial\Delta}{\partial r} = 0,$$

dont l'intégrale générale est

$$\Delta = \frac{C}{k}\log r + C_1.$$

Mettons cette intégrale dans (4) et l'on aura

$$\frac{\partial^2 \widehat{rr}}{\partial r^2} + \frac{3}{r}\frac{\partial \widehat{rr}}{\partial r} = \frac{C}{r^2},$$

d'où, pour la tension radiale, on obtient

$$\widehat{rr} = A - \frac{B}{2r^2} + \frac{C}{2}\log r,$$

et l'on trouvera facilement

$$\widehat{\theta\theta} = A + \frac{B}{2r^2} + \frac{C}{2}\log er.$$

Quant à la tension tangentielle $\widehat{r\theta}$, elle est égale à zéro.

En posant $C = 0$, on reconnaît les formules classiques de Lamé [1].

La solution ainsi obtenue peut être utile dans certains cas, lorsqu'on a trois conditions à remplir, mais elle n'est applicable qu'au cas de couronne circulaire.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Synthèse de la gravifique*. Note [2] de M. **Th. De Donder**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. La synthèse que nous avons développée dans deux Notes précédentes [3] renferme une dissymétrie : les hamiltoniens qui figurent dans les équations fondamentales (II) et (III) de la première Note sont pris respectivement par rapport aux 10 potentiels gravifiques $g^{\alpha\beta}$ et par rapport aux 4 potentiels électromagnétiques Φ_α. Pour pouvoir étudier à la fois et d'une manière symétrique les champs gravifique et électromagnétique, il faut introduire des potentiels en nombre supérieur à 10. Choisissons, dans ce

---

(1) Voir, par exemple, Love, *loc. cit.*, p. 143.

(2) Séance du 16 juillet 1923.

(3) Voir *Comptes rendus*, séances du 11 et du 25 juin 1923.

but, 40 *fonctions* $\Gamma^{\gamma}_{\alpha\beta}$ *de* $x_1, \ldots, x_4$ covariantes aux accolades $\left\{ {\alpha\beta \atop \gamma} \right\}$ de Christoffel et, comme celles-ci, symétriques par rapport aux indices α et β. Nous dirons que les $\Gamma^{\gamma}_{\alpha\beta}$ sont les potentiels gravi-électromagnétiques ou, plus simplement, *les potentiels gravélectriques* [1]; ils déterminent l'effet produit par les ultra-électrons et les électrons.

Supposons maintenant que le multiplicateur $\mathfrak{M}$ utilisé dans notre première Note dépende aussi des 40 potentiels gravélectriques $\Gamma^{\gamma}_{\alpha\beta}$ et de leurs dérivées successives par rapport à $x_1, \ldots, x_4$. Alors, au premier membre de l'identité (I) de notre première Note, on ajoutera l'expression suivante :

$$
(\mathrm{I})' \quad \left\{ \begin{array}{l} +\sum_i \sum_j \sum_k \left[-\Gamma^k_{ij,\alpha} \dfrac{h\mathfrak{M}}{h\Gamma^k_{ij}} - \dfrac{d}{dx_i}\left(\Gamma^i_{jk} \dfrac{h\mathfrak{M}}{h\Gamma^{\alpha}_{jk}} - 2\Gamma^k_{\alpha j} \dfrac{h\mathfrak{M}}{h\Gamma^k_{ij}} + \dfrac{d}{dx_j} \dfrac{h\mathfrak{M}}{h\Gamma^{\alpha}_{ij}} \right) \right] \\ \qquad\qquad\qquad\qquad (\alpha = 1, \ldots, 4). \end{array} \right.
$$

où l'on a posé

$$
\frac{h\mathfrak{M}}{h\Gamma^{\alpha}_{jk}} = \frac{\partial\mathfrak{M}}{\partial\Gamma^{\alpha}_{jk}} - \sum_i \frac{d}{dx_i}\left(\frac{\partial\mathfrak{M}}{\partial\Gamma^{\alpha}_{jk,i}} \right) + \ldots
$$

et où $\Gamma^k_{ij,\alpha}$ représente la dérivée par rapport à x_α du potentiel Γ^k_{ij}.

En vertu d'un théorème général sur la covariance des hamiltoniens [2], on peut affirmer que $\dfrac{h\mathfrak{M}}{h\Gamma^{\alpha}_{jk}}$ est covariant à un multiplicateur M, multiplié par un contrevariant symétrique du second degré M^{jk}, multiplié par un covariant du premier degré M_α.

Les 40 équations fondamentales de la Gravifique seront, dans cette nouvelle synthèse,

$$
(\mathrm{II})' \qquad \frac{h\mathfrak{M}}{h\Gamma^{\gamma}_{\alpha\beta}} = 0.
$$

Elles remplacent ici les équations (II) et (III) de notre première Note.

2. Posons

$$
\mathfrak{M} \equiv \mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2
$$

et supposons que $\mathfrak{M}_1$ ne dépende que des $\Gamma^{\gamma}_{\alpha\beta}$ et de leurs dérivées successives.

---

(1) A. Einstein, en partant des travaux de Weyl et d'Eddington sur le déplacement parallèle de Levi-Civitâ, a considéré des fonctions équivalentes (*Sitzungsberichte K. Ak. Wiss.*, 15 février 1923).

(2) Th. De Donder, *Archives du Musée Tayler*, Haarlem; 2e série, t. 3, 1917, voir éq. (361).

Posons, en outre,

$$\frac{h\mathfrak{M}_1}{h\Gamma^{\gamma}{}_{\beta}} = {}^{\gamma}\mathfrak{T}^{\alpha\beta}_{\gamma} \quad \text{et} \quad \frac{h\mathfrak{M}_2}{h\Gamma^{\gamma}_{\alpha\beta}} = \mathfrak{T}^{\alpha\beta}_{\gamma}.$$

En appliquant à $\mathfrak{M}_1$ l'identité (I) de la première Note, identité complétée par (I)$'$ de la présente Note, nous obtenons *le théorème du tenseur gravélectrique* $\mathfrak{T}^{\alpha\beta}_{\gamma}$

$$\sum_i\sum_j\sum_k\left[\Gamma^k_{ij,\alpha}\mathfrak{T}^{ij}_k + \frac{d}{dx_i}\left(\Gamma^i_{jh}\mathfrak{T}^{jh}_{\alpha} - 2\Gamma^k_{\alpha j}\mathfrak{T}^{ij}_k + \frac{d\mathfrak{T}^{ij}_{\alpha}}{dx_j}\right)\right] = 0 \qquad (\alpha = 1, \ldots, 4).$$

Nos identités (I) complétées par (I$'$) permettent d'écrire ces quatre équations sous une forme beaucoup plus commode. Nous allons en indiquer une application importante.

3. Considérons *un champ massique* incohérent, et prenons pour caractériser ce champ la fonction

$$\mathfrak{M}_2 \equiv \mu W,$$

où

$$W \equiv \sqrt{\sum_\alpha\sum_\beta G_{\alpha\beta}u^\alpha u^\beta}; \qquad u^\alpha = \frac{dx_\alpha}{ds};$$

(III$'$)
$$(ds)^2 \equiv \sum_\alpha\sum_\beta G_{\alpha\beta}\,dx_\alpha\,dx_\beta.$$

Le covariant asymétrique du second degré $G_{\alpha\beta}$ n'est autre que celui qui figure dans l'invariant de courbure de Gauss [1], après remplacement des accolades $\left\{ {ij \atop k} \right\}$ par les potentiels correspondants Γ^k_{ij}.

On aura donc $W = 1$. La fonction μ de $x_1 \ldots x_4$ représente le coefficient massique; c'est une multiplication.

Le théorème du tenseur $\mathfrak{T}^{\gamma}_{\alpha\beta}$ ou de l'impulsion devient ici (voir fin de notre première Note) :

$$\sum_i\left[u^{i,\alpha}\mu\frac{\partial W}{\partial u^i} + \frac{d}{dx_i}\left(\mu u^i\frac{\partial W}{\partial u^\alpha}\right) - \mu\frac{dW}{dx_\alpha}\right] = 0 \qquad (\alpha = 1, \ldots, 4).$$

Nous en déduisons immédiatement les deux théorèmes suivants :

---

(1) Voir, par exemple, l'équation (6) de notre *Gravifique einsteinienne* (Gauthier-Villars, 1921). Ces $G_{\alpha\beta}$ et le $(ds)^2$ écrits ci-dessus ont aussi été utilisés par A. Einstein dans sa Note sus-mentionnée.

Tout point massique décrit une extrémale (¹) *de l'espace-temps défini par* (III').

La masse incohérente se meut de manière à satisfaire l'équation de continuité

$$\sum_i \frac{d(\mu u^i)}{dx_i} = 0.$$

Ces deux théorèmes sont donc indépendants de la fonction que l'on choisira pour représenter $\mathfrak{M}_1$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les solutions aqueuses. Origine des effets osmotiques.* Note de M. **Camille Gillet**, présentée par M. Haller.

La Communication récente de M. H.-E. Armstrong (²) m'oblige à résumer ici mes travaux sur le même sujet, qui datent de 1908 (³).

MM. Kling et Lassieur, également à propos de la Note de M. Armstrong, viennent de publier des idées fort analogues à celles de M. Armstrong et aux miennes (⁴). D'accord avec M. Kling, nous nous permettons de souligner l'importance de ce fait que trois chimistes, travaillant indépendamment les uns des autres, arrivent à des conclusions qui se ressemblent à ce point.

1. L'eau est un mélange en équilibre de dissociation, d'*hydrol* H^2O, de *dihydrol* $(H^2O)^2$, et de *polyhydrol* $(H^2O)^n$ (⁵). Le premier est un gaz; il joue le rôle principal; il sera seul envisagé ici.

2. La molécule d'*hydrol* est très réactionnelle, comme tout corps à l'état naissant; elle est capable de donner des combinaisons chimiques avec les substances de nature acide et basique.

3. La molécule d'hydrol jouit de la propriété de *se tautomériser* tout comme l'acétone, l'isatine, l'éther acétylacétique, etc. : suivant le milieu,

---

(¹) Ce théorème conduit à admettre que *tout rayon lumineux sera une extrémale de longueur nulle de l'espace-temps* (III').

(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1892.

(³) *Bulletin de la Société chimique de Belgique*, t. 23, 1909, p. 119; t. 26, 1912, p. 145; *Revue générale des matières colorantes*, décembre 1921 à juin 1922.

(⁴) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 109. — Voir aussi : A. Kling, *La Tautomérie* (*Revue générale des Sciences*, 1907).

(⁵) On connaît à l'appui de cette conception des arguments très sérieux, entre autres les travaux de Ramsay et Young sur la tension superficielle.

basique ou acide, la matière de la molécule prend un arrangement défini différent.

4. Une solution aqueuse est un composé liquide résultant de la réaction de l'hydrol avec certaines molécules. La caractéristique de cette combinaison est l'état de dissociation dans lequel elle se trouve.

5. La combinaison entre l'hydrol et le corps « soluble » n'est stable que lorsque le coefficient de dissociation est inférieur à celui du dihydrol.

6. Des solutions à même pression osmotique contiennent, non le même nombre de molécules dissoutes, mais *le même nombre de molécules d'hydrol.* C'est ce *gaz* qui, en solution, suit les lois des gaz.

7. Toute molécule dissoute voyage dans une atmosphère gazeuse, dont les molécules la bombardent inégalement et l'empêchent d'obéir aux lois de la pesanteur. La cause du mouvement thermique des molécules d'hydrol doit être cherchée dans la présence de « particules atomiques » ([1]) abandonnant leur mouvement électrique.

8. Le sol est un milieu hétérogène comme la solution, d'une hétérogénéité plus grossière (apparition du phénomène de Tyndall); les micelles sont tenues en suspension par le même mécanisme que les molécules invisibles des solutions. L'atmosphère gazeuse devient incapable de soutenir des micelles trop gros ou trop lourds pour l'intensité de l'agitation ; cette intensité varie avec la nature chimique du micelle et de la solution.

9. Un sol contient le corps dispersé sous plusieurs états : la molécule exempte de solvant donne la « molécule dissoute » par combinaison chimique avec un petit nombre de molécules d'eau; *le micelle se forme par combinaison chimique d'un assez grand nombre de molécules d'eau à la molécule dissoute. Celle-ci peut, par un phénomène inverse, se décomposer par perte d'eau, ce qui donne lieu au phénomène de cristallisation.*

10. Ces conceptions m'ont permis d'expliquer, très simplement, la floculation des solutions et des sols par les électrolytes et la protection ou la floculation des sols par d'autres sols, la formation des émulsions et une application de ces phénomènes : l'action détersive du savon.

11. J'ai appliqué ces notions dans mes recherches sur l'électricité, l'électrolyse et les électrolytes ([1]).

([1]) *Bulletin de la Société chimique de Belgique*, t. 24, 1910, p. 125; *Revue générale des Matières colorantes*, 1923.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du spectre d'absorption des sols de sulfure d'arsenic.* Note de MM. **A. Boutaric** et **M. Vuillaume**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Nous avons étudié le spectre d'absorption des sols de sulfure d'arsenic au moyen du spectrophotomètre de Féry. Dans cet appareil, le déplacement du prisme absorbant qui compense l'absorption du milieu étudié pour une radiation déterminée λ donne $\text{Log}\,\frac{I_0}{I}$, I_0 désignant l'intensité initiale du faisceau incident pour la radiation λ et I l'intensité de ce faisceau après qu'il a traversé le milieu absorbant.

Si les sols de sulfure d'arsenic se comportaient comme des milieux troubles, constitués par des particules sans couleur propre en suspension dans l'eau :

1° Dans le cas où les particules en suspension auraient des dimensions petites vis-à-vis des longueurs d'ondes lumineuses, $\text{Log}\,\frac{I_0}{I}$ varierait en raison inverse de la quatrième puissance de la longueur d'onde (loi de Lord Rayleigh).

2° Dans le cas de particules plus grosses, $\text{Log}\,\frac{I_0}{I}$ varierait en raison inverse d'une puissance n de la longueur d'onde [1], n étant inférieur à 4 et d'autant plus petit que les particules sont plus grosses.

Pour comparer la loi d'absorption des sols de sulfure d'arsenic en fonction de la longueur d'onde avec les lois précédentes, nous avons représenté en fonction de $\log\lambda$ les valeurs expérimentales correspondantes de $\log\left[\text{Log}\,\frac{I_0}{I}\right]$.

La courbe d'absorption pour une solution à $6^g,2$ par litre (préparée ne faisant passer un courant rapide d'hydrogène sulfuré dans une solution d'anhydride arsénieux à 5^g par litre) ne suit aucune des lois précédentes. Si l'on essaie de calculer la valeur de n qu'il conviendrait d'introduire dans une relation de la forme

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\frac{K}{\lambda^n}}$$

pour représenter les résultats, on trouve des valeurs qui croissent réguliè-

(1) A. Boutaric, *Thèse*, Paris, 1918, p. 83 et suiv.

rement du rouge au violet, depuis $n = 3,3$ pour $\lambda = 640^{m\mu}$ jusqu'à $n = 12$ pour $\lambda = 530^{m\mu}$, en prenant la valeur $n = 4$ pour une longueur d'onde voisine de $620^{m\mu}$.

Si l'on trace la courbe $I = f(\lambda)$ satisfaisant à l'équation de Lord Rayleigh et passant par le point de la courbe d'absorption expérimentale relatif à $\lambda = 620^{m\mu}$, on constate que, de part et d'autre de ce point, la courbe expérimentale est *en dessous* de la courbe théorique. L'absorption d'un sol de sulfure d'arsenic apparaît comme pouvant être la résultante de deux phénomènes :

1° Une absorption par diffusion qui, si elle existait seule, donnerait une courbe obéissant à la loi de Lord Rayleigh.

2° Une absorption sélective, de part et d'autre d'une radiation d'environ $620^{m\mu}$. Cette absorption sélective pourrait se produire lors de la réflexion des rayons incidents à la surface des granules; elle devrait varier dans le même sens que la surface totale de ces granules et, en particulier, diminuer lorsque, le poids total de ceux-ci demeurant constant, leur nombre diminue par suite d'un grossissement.

L'absorption par diffusion suivant la loi de lord Rayleigh varie comme NV^2, N désignant le nombre des particules et V leur volume; si ces particules grossissent, l'absorption augmente.

Toute modification qui produit un grossissement des granules dans le sol de sulfure d'arsenic doit augmenter l'absorption tenant au phénomène de Lord Rayleigh et diminuer l'absorption sélective. C'est ce que nous ont permis de vérifier les mesures faites sur des sols dans lesquels nous provoquions le mûrissement des granules par une ébullition prolongée, le volume du sol demeurant invariable. Au fur et à mesure que le mûrissement progresse, les courbes d'absorption expérimentale se rapprochent des courbes théoriques satisfaisant à des équations de la forme $\operatorname{Log} \frac{I}{I_0} = -\frac{K}{\lambda^n}$, où n diminue depuis la valeur 4 (5 heures d'ébullition) jusqu'à la valeur 3,1 (22 heures d'ébullition). A l'œil nu, on s'aperçoit nettement que l'ébullition fait virer au blanc la teinte des sols.

On observe une variation de la courbe d'absorption dans le même sens, mais beaucoup plus accentuée, lors des transformations qui, dans le sol, précèdent la floculation. Les courbes représentant $\log \left[\operatorname{Log} \frac{I_0}{I}\right]$ en fonction de $\log \lambda$ deviennent des droites dont le coefficient angulaire diminue bien au-dessous de 4 au fur et à mesure que les particules grossissent et qu'on

s'approche de la floculation. Dans une floculation par KCl d'une durée de 70 minutes environ, ce coefficient angulaire a atteint la valeur 2 peu avant la floculation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur l'électrodiffusion (Migration des ions).* Note de M. **Alfred Gillet**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai coulé une solution de Na^2SO^4 à 3 pour 100 contenant 10 pour 100 de gélatine, dans un récipient parallélépipédique rectangle (dimensions : $134^{mm} \times 57^{mm} \times 38^{mm}$). J'ai disposé dans le bloc de gelée ainsi constitué deux électrodes verticales planes de $57^{mm} \times 38^{mm}$, en toile métallique (Pt), de manière qu'elles occupent entièrement deux sections du solide, normales à sa longueur. J'ai fait passer dans ce dispositif un courant de 3,5 volts pendant 6 à 12 heures suivant les expériences. Durant ces temps, l'électrolyse avait décomposé de 0,0078 à 0,0085 équivalents-grammes électrochimiques.

Immédiatement après l'expérience, le bloc de gelée était découpé en tranches suivant des sections parallèles aux électrodes, les divers constituants dosés, les courbes de concentration équivalente étaient établies en fonction de la distance aux électrodes. Une expérience comparative de diffusion simple a été faite dans des conditions aussi identiques que possible aux précédentes, en remplaçant l'électrode par une surface de contact avec une gelée où les concentrations des divers constituants se rapprochent de celles qu'on trouve aux électrodes après l'électrolyse.

D'une étude des courbes ainsi obtenues, dont le détail paraîtra dans un autre recueil, il s'est dégagé des constatations vraiment inattendues.

Dans une gelée de gélatine, les choses se passent :

1. *Comme si le cation seul transportait le courant.*

En effet : *a*. Les courbes de concentration de NaOH libre à la cathode et du Na total à l'anode sont de même allure que les courbes de diffusion simple correspondante; les courbes de concentration de H^2SO^4 libre à l'anode et de SO^4 total à la cathode diffèrent profondément de courbes de diffusion. Les premières montrent que les atomes de Na quittent l'anode « comme une troupe en rangs serrés », et viennent tous « défiler » à la cathode, pour se disperser ensuite par diffusion. Tandis que les radicaux SO^4 semblent « prendre leurs distances » à partir de la cathode, sans que les derniers rangs s'en éloignent, et, « serrer leurs rangs » contre l'anode, sans venir prendre contact avec elle.

b. La vitesse des cations varie énormément avec la densité du courant, alors que celle des anions n'en paraît pas dépendre : Un corollaire de ce fait est que les « nombres de transports » (que l'on peut déduire aisément de nos résultats) varient beaucoup : de 0,393 à 0,167 pour SO^4, par exemple, pour des densités variant du simple au double ([1]).

2. *Comme si l'électrodiffusion vers l'anode était une « anaphorèse moléculaire » entraînant non seulement* SO^4, *mais toutes les molécules d'électrolyte, y compris* NaOH.

En effet : *a*. La courbe de diffusion de NaOH à la cathode s'allonge dans la direction de l'anode, marquant un entraînement de NaOH vers celle-ci.

b. Nous avons signalé plus haut l'allure toute spéciale du courant anionique. On trouve de plus que la teneur globale en SO^4 de la zone alcaline cathodique est constamment égale à celle de la zone qui serait atteinte par la diffusion simple sans courant du NaOH libéré, et égale à la teneur globale en SO^4 de la zone acide anodique.

c. Ce courant tend vers l'établissement d'une sorte d'équilibre : en chaque point de la zone anodique, le courant anionique semble arrêté quand une molécule de Na^2SO^4 disparue a été remplacée par deux molécules de H^2SO^4. Le même arrêt se produit à la cathode quand à l'arrivée de trois molécules de Na OH correspond le départ d'une molécule de Na^2SO^4. La cause de cet équilibre nous échappe encore en partie.

Dans la gelée de gélatine les phénomènes secondaires sont nombreux pendant l'électrolyse ([2]). Nous avons pu mesurer l'osmose électrique résultante vers la cathode, par une expérience quantitative spéciale. Quoiqu'elle soit appréciable ([3]), on n'altère pas, en en tenant compte, l'ensemble des conclusions exposées. Les phénomènes d'adsorption éventuelle, les effets du caractère amphotère de la gélatine et de la grande viscosité du milieu ([4]) sont évidemment impliqués dans nos résultats. La ques-

---

([1]) A.-L. Fergusson et W. G. France ont signalé dernièrement de grandes variations du nombre de transport dans un milieu analogue, *avec la concentration en gélatine* (*Journal of the American Chemical Society*, t. 43, 1921, p. 2161).

([2]) Voir notamment Mlle F. Choucroun, *Thèse*, Paris 1923.

([3]) J'ai pu observer dans toutes mes expériences les phénomènes de gonflement et de contraction signalés dernièrement par M. F. Michaud : *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1217.

([4]) Les coefficients de diffusion dans l'eau pure sont diminués de 25 pour 100 par la présence de 10 pour 100 de gélatine. Voir W. Stiles, *Biochemical Journal*, t. 15, 1921, p. 629.

tion se pose de savoir si certains des faits que nous avons pu dégager ne sont pas la cause de plus d'un des phénomènes antérieurement connus, plutôt que d'en être l'effet. Pour s'en rendre compte, et voir si ces observations peuvent être généralisées à d'autres milieux, il est nécessaire de poursuivre de nombreuses expériences, en utilisant des milieux différents.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage électrolytique de l'antimoine.* Note de M. A. Lassieur, présentée par M. A. Haller.

Les formes de dosage de l'antimoine sont peu nombreuses. La meilleure jusqu'ici est celle qui consiste à peser le sulfure précipité par l'hydrogène sulfuré, mais l'opération est longue et difficilement applicable à des dosages effectués en série. La précipitation par l'acide phénylthiohydantoïque ([1]) qui conduit à un bon dosage, n'est malheureusement pas convenable comme forme de séparation, spécialement d'avec l'étain. Le dosage électrolytique en milieu de sulfure de sodium serait fort intéressant, tant à cause de sa rapidité que de sa simplicité, si les résultats n'étaient pas systématiquement trop élevés. De nombreux auteurs ont étudié la question, F. Henz, notamment ([2]), a montré que l'erreur était sensiblement constante et égale à 1,6 pour 100 en excès. Cette surcharge a été attribuée à la présence de soufre et d'oxygène dans le dépôt et aussi à l'inclusion d'eau mère dans l'antimoine. On a cru que l'usage d'une cathode de platine polie conduisait à de bons résultats, puis le fait a été démenti et le résultat est le même que la cathode soit polie ou mate.

Il paraît peu probable, *a priori*, que la surcharge soit due à l'oxygène comme il a été dit, car en cathode, la fixation de gaz qui pourrait se produire, serait celle d'hydrogène et non d'oxygène. En second lieu, l'inclusion d'eau mère me paraît douteuse, le cas ne se produisant jamais, à ma connaissance.

Eu égard à l'intérêt de la question, j'ai cru utile de reprendre les expériences faites et d'essayer d'améliorer le dosage.

J'ai préparé une solution titrée d'antimoine à partir de sulfure précipité, que j'ai purifié, et dissous dans l'acide chlorhydrique. Le titre a été fixé par pesée du sulfure. J'ai eu quelques mécomptes en utilisant une liqueur titrée d'émétique, ce corps renfermant du plomb en quantité appréciable, dont la présence fausse les résultats.

([1]) M. et Mme A. Lassieur, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1221.
([2]) *Zeit. für anorg. Chem.*, 1903, p. 31.

J'ai tout d'abord vérifié que l'antimoine déposé au sein d'une solution renfermant du sulfure de sodium et du cyanure de potassium présente toujours un poids trop élevé. Le fait est bien certain, et en outre la mauvaise adhérence du dépôt ne permet pas de faire porter l'analyse sur plus de 0g,2 d'antimoine; exceptionnellement j'ai pu peser 0g,340 d'antimoine, mais la manipulation de la cathode et sa pesée exigent des soins spéciaux, pour éviter une perte, produite par le moindre frottement.

La liqueur d'électrolyse renferme 80^{cm^3} de solution de sulfure de sodium D = 1,14 et 5g de cyanure de potassium pour un volume total de 100^{cm^3}. Les opérations sont exécutées avec l'appareil Kling et Lassieur à électrode tournante.

Intensité du courant, 1,5 ampère; volts (anode-cathode), 1,5; durée 35 minutes.

Antimoine.

Pesée.	Théorie.
g 0,1355	g 0,1342
0,1702	0,1677
0,340	0,3355

La surcharge observée peut être due à la formation d'un hydrure d'antimoine et il semble qu'on pourrait l'éviter en réglant le potentiel de la cathode à une valeur telle que l'hydrogène ne se dégage pas. Ce résultat n'a pu être atteint, la fin du dépôt d'antimoine s'accompagnant d'un léger dégagement de gaz suffisant pour fausser les résultats. J'ai obtenu dans deux essais :

Antimoine pesé : 0g,1689 et 0g,1725, le nombre théorique étant 0g,1677.

J'ai pensé pouvoir améliorer les résultats en déposant l'antimoine sur une cathode préalablement recouverte de mercure par voie galvanique. L'emploi de mercure peut présenter un double avantage :

1° Par la formation d'amalgame avec l'antimoine il peut favoriser l'adhérence du dépôt.

2° Il peut supprimer la surcharge en évitant le dégagement d'hydrogène. On sait, en effet, que l'hydrogène ne se dégage sur le mercure qu'à une tension beaucoup plus forte que sur le platine (0,78 volt en solution sulfurique N).

L'expérience a confirmé ces vues.

La cathode employée est en toile de platine et recouverte de 0g,2 de mercure environ. Il est utile de contrôler la différence de potentiel : anode-cathode, pour éviter le dégagement d'hydrogène. La valeur de cette tension est fonction de l'appareil employé. En opérant au sein du milieu indiqué plus haut, j'ai obtenu les résultats suivants :

Intensité du courant : début 5 ampères, fin 0,2 ampère. Durée : 45 minutes.

Antimoine.

Pesé.	Théorie.
0,3345	0,3355
0,3355	0,3355
0,668	0,670
0,167	0,167

Le dépôt est d'un beau gris, parfaitement adhérent. On peut le sécher à l'étuve à 100° sans crainte de volatiliser du mercure.

Certains essais ont été faits sans contrôler le potentiel anode-cathode, et en laissant se produire un vif dégagement d'hydrogène, néanmoins le poids d'antimoine déposé est correct. Le dépôt est noirâtre et son adhérence n'est pas satisfaisante, bien que sa pesée soit possible ; frotté avec le doigt il se sépare assez facilement de la cathode. Il y a donc nécessité de limiter le potentiel de la cathode à une valeur convenable, qui avec notre appareil est de l'ordre de 1,3 volt.

Il est néanmoins intéressant de noter qu'avec la cathode recouverte de mercure on n'observe pas la surcharge toujours obtenue avec la cathode de platine. Il est à supposer que le platine joue le rôle d'un catalyseur hydrogénant et qu'il favorise la production d'hydrure d'antimoine, alors que le mercure est dépourvu de cette propriété.

En résumé, le dépôt d'antimoine sur cathode recouverte de mercure et en limitant convenablement la différence de potentiel anode-cathode constitue un procédé excellent de dosage de l'antimoine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'oxydation sulfochromique des carbures aromatiques et la conception actuelle du graphite.* Note (1) de M. **L.-J. Simon.**

I. L'application aux hydrocarbures et, en particulier, aux hydrocarbures aromatiques de la technique d'oxydation par le bichromate d'argent et, parallèlement, par l'anhydride chromique, conduit aux résultats suivants :

(1) Séance du 16 juillet 1923.

Carbure.	Formule brute.	C pour 100 calculé.	C pour 100 trouvé par $C^2O^7Ag^2$.	C pour 100 trouvé par CrO^3.	Déficit d'oxydation par CrO^3.
Benzène	C^6H^6	92,3	91,4	75,3	1,1
Toluène	C^7H^8	91,3	89,3	75,17	1,23
o-Xylène	C^8H^{10}	90,56	89,1	75,21	1,35
Naphtalène	$C^{10}H^8$	93,75	93,7	69,8	2,55
Diphényle	$C^{12}H^{10}$	93,5	93,45	81,5	1,54
Acénaphtène	$C^{12}H^{10}$	93,5	93,6	87,1	0,82
Fluorène	$C^{13}H^{10}$	93,97	93,24	81,67	1,70
Diphénylméthane	$C^{13}H^{12}$	92,85	93,14	79,36	1,88
Anthracène	$C^{14}H^{10}$	94,38	93,90	88,4	0,89
Phénanthrène	$C^{14}H^{10}$	94,38	93,95	77,93	2,44
Diméthylanthracène	$C^{16}H^{14}$	93,2	92,6	87,8	0,93
Chrysène	$C^{18}H^{12}$	94,73	94,55	86,9	1,50
Cyclohexène	C^6H^{10}	87,8	85,8	79,4	»
p-Méthylcyclohexène	C^7H^{12}	87,5	83,1	72,75	»
Cyclohexane	C^6H^{12}	85,7	80,8	74,25	»
Méthylcyclohexane	C^7H^{14}	85,7	83,1	67,9	»
o-Diméthylcyclohexane	C^8H^{16}	85,7	81,3	61,9	»
Hexane	C^6H^{14}	83,72	54,75	45,6	»

De l'examen de ce Tableau il résulte que :

1° Sauf pour les carbures les plus volatils, dont la combustion est difficile à modérer, l'oxydation par le bichromate d'argent sulfurique fournit pour le carbone *des carbures aromatiques* des valeurs exactes.

2° L'oxydation par *l'anhydride chromique* effectuée dans les conditions déjà précisées fournit des valeurs toujours déficitaires; le déficit est en rapport avec la structure; il n'est pas le même pour deux carbures isomères (diphényle et acénaphtène, anthracène et phénanthrène). La valeur de l'expression $n\frac{C-c}{C}$ dans laquelle n est le nombre d'atomes de carbone de la molécule, C la valeur théorique et c la valeur observée pour le carbone, varie dans des limites assez étroites — 1 à 1,5 — sauf pour le naphtalène et le phénanthrène — 2,5 environ.

3° L'oxydation par le bichromate d'argent des carbures autres que les carbures aromatiques ne conduit plus à la valeur théorique et l'écart croît à mesure qu'on envisage des types de combinaisons qui se rapprochent des carbures acycliques saturés. *Les carbures aromatiques se distinguent donc*

nettement des autres au point de vue de l'oxydation par le bichromate d'argent.

II. Nous avons vu récemment ([1]) que le graphite soumis à l'action du même oxydant était complètement gazéifié et s'écartait à cet égard du diamant et d'un certain nombre de charbons artificiels et naturels. Voici les résultats numériques :

	Poids employé.	Cendres pour 100.	Carbone pour 100 trouvé.
Diamant (boort)	0,0850	»	0
Graphite pur	0,0871	0	100,1
Charbon de sucre	0,1038	1,4	3,8
Charbon de bois ordinaire	0,1012	»	5,9
Charbon de bourdaine	0,1031	1,5	1,5
Charbon de cornue I	0,1506	1,84	6
» II	0,0916	0,36	6,1
Coke	0,1014	10,22	4
Anthracite anglais	0,1053	1,45	3,8
» belge	0,1514	2,15	4,1
Coke naturel (Decazeville)	0,1033	4,8	2

Cette allure du graphite rapprochée de celle des carbures aromatiques est d'accord avec les vues de Debye et Scherrer d'après lesquelles le carbone graphite serait le prototype des composés aromatiques, l'une des quatre valences du carbone étant nettement différente des trois autres dans le graphite comme dans les atomes de carbone des noyaux aromatiques. Les idées modernes appuyées sur l'expérience directe conduisent à considérer dans le graphite une répartition en noyaux hexagonaux qui ont les mêmes dimensions que les noyaux hexagonaux que l'on a mis en évidence dans les composés aromatiques.

On peut être tenté d'aller plus loin encore en considérant le déficit d'oxydation du graphite par l'anhydride chromique. Sur les différents échantillons étudiés (*loc. cit.*), les valeurs de ce déficit gravitent très régulièrement autour d'une valeur moyenne 0,33, c'est-à-dire un tiers. *D'après cela il est possible d'oxyder le graphite par tiers;* ce qui est encore parfaitement d'accord avec une répartition hexagonale des atomes de carbone. On peut même concevoir une telle répartition dans laquelle deux atomes seraient en quelque manière distincts des autres.

Expérimentalement, nous nous sommes assurés que ces atomes qui ne sont pas gazéifiés sont en tout cas solubilisés; car il n'y a aucun résidu insoluble à quelques millièmes près. Nous avons cherché, sans le trouver, l'acide

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1409 et 1411.

acétique qui pouvait être le terme de la combustion sulfochromique : cette question reste ouverte.

La composition $C^{12}H^{6}O^{8}$ qui résulte pour l'oxyde graphitique des recherches récentes de Kohlschutter est en accord avec ce qui précède et il serait intéressant de soumettre cet oxyde à l'action des mélanges sulfochromiques.

On peut, en tout cas dès maintenant, conclure que contrairement à des opinions récentes il y a entre le graphite et certaines variétés de *carbone noir* une démarcation expérimentale qu'il est assez naturel d'attribuer à une différence de constitution.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dosage des alcools facilement déshydratables dans les huiles essentielles.* Note [1] de M. **L. S. Glichitch**, transmise par M. P. Sabatier.

Les alcools libres dans les huiles essentielles sont dosés généralement par acétylation au moyen de l'anhydride acétique et titrage des éthers ainsi créés. Cette méthode s'applique aux alcools qui se laissent acétyler quantitativement (géraniol, citronellol, menthol, bornéol, isobornéol, santalol, etc.), mais on ne pouvait pas doser exactement les alcools de nature tertiaire, qui sont déshydratés en partie par l'ébullition avec l'anhydride acétique, Ainsi le linalol et le terpinéol n'accusent, à l'état pur, que 75 à 85 pour 100 d'alcool par cette méthode.

Pour doser intégralement les alcools fragiles, diverses méthodes ont été proposées, notamment par Duyk, Verley et Bölsinq, Schryver, Tchougaëff, mais la méthode adoptée, presque exclusivement à l'heure actuelle, est celle de M. V. Boulez [2], perfectionnée par MM. Schimmel et Cie [3], qui consiste à acétyler l'alcool dilué au préalable dans un solvant indifférent. On retrouve ainsi 99,8 pour 100 de terpinéol et au maximum 91 pour 100 de linalol mis en dosage.

Nous avons dosé le linalol plus exactement en l'éthérifiant à froid par l'anhydride mixte acéto-formique qui donne exclusivement le formiate ainsi que l'a démontré M. Béhal [4]. L'action complexe, signalée par ce savant, n'a pas lieu si l'on supprime toute chauffe du linalol en milieu acide,

---

(1) Séance du 16 juillet 1923.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 1, 1907, p. 117.
(3) *Bull. Sem. Schimmel*, avril 1907, p. 123.
(4) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 23, 1900, p. 745.

et nous n'avons noté qu'une isomérisation très faible en formiates de géranyle et de terpényle, d'ailleurs sans influence sur les résultats analytiques. D'autre part, les carbures incomplets, éventuellement présents, ne peuvent pas s'éthérifier par addition dans les conditions de durée et de température où l'on opère, et en l'absence de toute trace d'acide minéral.

Nous préparons le mélange formylant, suivant M. Béhal, en versant 1 partie d'acide formique ($\partial_{20} = 1,22$) dans 2 parties d'anhydride acétique 100 pour 100, exempt de chlore, en maintenant la température au-dessous de $+15°$, puis nous chauffons progressivement à 50° et refroidissons brusquement à ce moment.

15^{cm^3} de ce mélange sont disposés dans un flacon de 30^{cm^3}, puis on y verse 10^{cm^3} de linalol ou d'essence à analyser, on agite, bouche bien et plonge aussitôt le flacon dans de l'eau glacée. On le laisse revenir lentement à la température ordinaire et on l'abandonne au repos pendant 72-96 heures à 20°.

Un excès plus fort de réactif ou une réaction plus prolongée n'amènent aucun changement dans les résultats. Une quantité inférieure de mélange formylant est insuffisante pour le linalol pur.

Au bout de 72-96 heures, les anhydrides en excès sont hydratés par digestion avec 50^{cm^3} d'eau, pendant 2 heures, à froid; puis on lave l'huile à l'eau, au bicarbonate de soude à 5 pour 100 et enfin deux fois à l'eau. On sèche sur du sulfate de soude anhydre et saponifie comme d'habitude, en prolongeant toutefois l'ébullition 1 heure et demie afin de saponifier intégralement les petites quantités d'éther terpénylique formé par isomérisation. On déduit la teneur en alcool au moyen de la formule connue, de MM. Schimmel et Cie : $A \text{ pour } 100 = \frac{n.M}{10[p - 0,028\,n]}$ où n représente le nombre de centimètres cubes de KOH normale ayant saponifié p grammes de produit formylé et M le poids moléculaire de l'alcool dosé.

Le linalol qui a servi à nos essais a été préparé par fractionnements répétés de l'essence de bois de rose et possédait les constantes :

$PE_2 = 63°,0\text{-}63°,5$; $PE_{10} = 82°,3\text{-}82°,6$ (colonne Hg dans la vapeur);
$d_{21°} = 0,8630$;
$\alpha_D\,18° = -17°30'$; $n_D\,24° = 1,4605$; soluble à 18°C. dans 14^{vol} d'alcool à 50°G. L.

En le dosant successivement par acétylation ordinaire, par l'acétylation de 7 heures en solution à 20 pour 100 dans le xylène, et enfin par formylation, nous avons obtenu les résultats suivants :

	Acétylation ordinaire.	Acétylation xylénique.	Formylation 24h.	48h.	72h.	96h.
Indice d'éther......	180,5	61,6	249,53	279,2	305,5	305,9
Linalol pour 100......	57,41	88,80	78,40	89,23	99,15	99,31

La même méthode, appliquée à diverses essences dont les alcools libres sont constitués en majeure partie du linalol, nous a fourni des teneurs supérieures à celles que donnent les méthodes utilisées jusqu'ici, l'écart étant sensiblement proportionnel à celui constaté dans le cas du linalol pur.

Ainsi, une essence de bois de rose possédant un indice d'éther propre de 3,5, soit 0,97 pour 100 d'alcool $C^{10}H^{18}O$ combiné, accuse, par les trois méthodes indiquées plus haut, les teneurs suivantes :

		Acétylation ordinaire.	Acétylation xylénique.	Formylation 96h.
Indice d'éther....................		175,0	55,3	284,9
Alcool $C^{10}H^{18}O$ pour 100	libre...	54,28	78,32	90,24
	total...	55,25	79,29	91,20

Pour calculer les teneurs en alcools libres et totaux en tenant compte des éthers préexistant dans les essences avant l'éthérification analytique, nous avons établi les formules générales suivantes :

$$\text{Alcool libre dans l'essence initiale pour 100} = \frac{M(n'-n)}{10(p-bn')},$$

$$\text{Alcool total} \quad \text{»} \quad = \frac{p-bn}{p-bn'} \times \frac{n'M}{10p},$$

M étant le poids moléculaire de l'alcool dosé; n = nombre de centimètres cubes de KOH normale nécessaire pour saponifier p grammes d'essence initiale; n' = nombre de centimètres cubes de KOH normale nécessaire pour saponifier p grammes d'essence éthérifiée, et b étant le facteur correspondant à l'acide éthérificateur, égal à $\frac{R.COOH-18}{1000}$, soit 0,0042 pour l'acide acétique et 0,028 pour l'acide formique.

Nous exposerons à une autre place les calculs permettant l'établissement de ces formules plus directes ou plus exactes que celles actuellement admises.

Nous avons borné l'application de la méthode formique au dosage du linalol, les autres alcools pouvant être dosés plus rapidement par les méthodes d'acétylation usuelles. Cependant, on se servira utilement de la formylation dans les cas douteux et d'une manière générale pour doser tous les alcools facilement détruits à chaud en milieu acide.

MINÉRALOGIE. — *Sur la bavalite de Bas-Vallon.*
Note de M. J. ORCEL.

Le nom de *bavalite* a été donné par Huot (¹) à une substance dont le premier gisement a été décrit par Pouillon Boblaye (²) dans la forêt de Lorges, au lieu dit Bas-Vallon, à 8^{km} environ de Quintin près de la route de Pontivy. Cette substance servait à alimenter le haut fourneau du Pas. L'étude microscopique montre quelle n'est pas homogène (³) et qu'on doit la considérer comme une roche constituée par une chlorite en forme d'oolithes et par de la magnétite. Elle est d'un noir verdâtre ou bleuâtre, magnétique, attaquable par les acides sans effervescence, en laissant un résidu de silice. Il est préférable de réserver le nom de bavalite à la chlorite. Une analyse faite par Berthier (⁴) est certainement inexacte; elle indique une faible teneur en silice (13 pour 100) et une forte teneur en Fe^2O^3 (48,80 pour 100) et en FeO (23,40 pour 100) qui prouvent que la substance analysée renfermait beaucoup de magnétite. On doit la considérer comme l'analyse de la roche, et non comme une analyse de la bavalite.

J'ai étudié un échantillon exceptionnel de bavalite, recueilli par M. Kerforne au mur de la couche de minerai de Bas-Vallon dans une galerie qui suit la couche en direction, au niveau de 58^m.

Cet échantillon, d'une pureté remarquable, ne renferme pas de magnétite ni d'autres produits ferrugineux. Il est uniquement constitué par une chlorite compacte, très finement écailleuse, de densité 3,20, ressemblant beaucoup à certaines ripidolites des Alpes. Au microscope, on voit un agrégat de petites lamelles de dimensions semblables ne dépassant pas 0^{mm},1. Leur biréfringence est un peu inférieure à celle du quartz. Plusieurs d'entre elles montrent les traces d'un clivage facile parallèles à n_g. Les lamelles presque éteintes sont très difficiles à étudier en lumière convergente à cause de leur petitesse; cependant je crois pouvoir affirmer que l'angle des axes est très faible, et que le minéral est optiquement négatif, ce qui est confirmé par l'allongement positif des lamelles perpendiculaires au clivage.

(¹) HUOT, *Minéralogie*, 1841, p. 290.

(²) POUILLON BOBLAYE, *Essai sur la configuration et la constitution géologique de la Bretagne* (*Mém. Mus. Hist. nat.*, t. 15, 1827, p. 94).

(³) A. LACROIX, *Minéralogie de la France*, t. 1, p. 400.

(⁴) HUOT, *loc. cit.*

Ces lamelles sont nettement polychroïques : $n_p =$ vert pâle un peu jaunâtre ; n_g et $n_m =$ vert olive. C'est le polychroïsme de la pennine.

Le seul minéral étranger rencontré dans la lame mince étudiée consiste en quelques rares lamelles d'un mica. Le dosage des alcalis montre que cette impureté est négligeable.

L'analyse m'a conduit aux résultats suivants :

		Molécules.			
SiO^2	21,71	361,8	362,8	1,73	$= 2 \times 0,86$
TiO^2	0,08	1			
Al^2O^3	21,35	209,3		1	$= 1 \times 1,02$
Fe^2O^3	0,82	5,1		0,02	
FeO	43,01	597,5	659,2	3,14	$= 3 \times 1,04$
MnO	0,05	0,5			
MgO	2,33	58,2			
CaO	0,16	3			
Alcalis	0,35	4	565	2,74	$= 3 \times 0,91$
H^2O à 107°	0,11				
H^2O à 485°	9,03	501,6			
H^2O à 735°	1,07	59,4			
	100,07				

Cette composition est très voisine de la formule $2SiO^2, Al^2O^3, 3FeO, 3H^2O$, qui, interprétée dans la théorie de M. Vernadsky, correspond à un sel ferreux de l'acide $Al^2Si^2O(OH)^{12}$, le plus fréquent des deux acides d'où paraissent dériver les prochlorites ([1]). La bavalite est donc, dans la série des prochlorites le terme le plus ferreux et le plus pauvre en fer ferrique et en magnésie après la daphnite.

Pour le dosage de l'eau, la substance, placée dans une nacelle de platine, a été chauffée électriquement dans un tube de quartz parcouru par un courant d'air sec. Un couple thermo-électrique de M. Le Chatelier donnait à chaque instant la température de la nacelle. L'eau était recueillie dans des tubes à ponce sulfurique tarés.

J'ai ainsi constaté que le départ de l'eau s'effectue en deux fois, à 485° et à 735° C. La substance n'a pas dégagé d'eau entre 735° et 1200°.

Il est intéressant de comparer la composition de la bavalite à celle des chamosites de Windgällen (A), de Schmiedefeld (B et B′), et de Chrustenic (C) citée par Hintze ([2]). Malheureusement, les produits analysés n'étaient pas purs, et les résultats reproduits ci-après ont été calculés

([1]) J. Orcel, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1231.

([2]) Hintze, *Handbuch der Mineralogie*, t. 2, p. 738.

après déduction de petites quantités de calcite, de magnétite ou d'ilménite.

	A.	B.	B'.	C.	Molécules.	Rapports moléculaires (1).
SiO^2........	25,23	27	29	25,60	426,6	2,33 = 2 × 1,16
Al^2O^3........	19,97	17	13	18,72	183	1,00
FeO........	37,51	39	42	42,31	588	3,50 = 3 × 1,16
MgO........	4,39			2,13	53,2	
H^2O........	12,90	13	10	11,24	624,4	3,41 = 3 × 1,13
	100,00	100	100	100,00		

Ces analyses conduisent à une formule empirique très voisine de celle de la bavalite de Bas-Vallon. Mais avant de conclure à l'identité des deux espèces, il sera nécessaire d'effectuer des analyses de chamosite sur des échantillons aussi purs que celui de bavalite étudié ici.

LITHOLOGIE. — *Recherches sur la composition minéralogique de quelques marnes du Tertiaire d'Alsace.* Note de M. **Thiébaud**.

Nos recherches sur la composition minéralogique des marnes nous ont amené à étudier quelques-unes de ces roches provenant de l'Oligocène d'Alsace.

Celles-ci sont très semblables à première vue aux marnes irisées représentées ici par l'échantillon n° 5. Toutefois l'une d'elles (n° 4), prélevée à la base des niveaux de sylvinite de Mulhouse, entre deux petits bancs de sel, s'en distingue par sa teneur très appréciable en hydrocarbures que leur odeur suffit à déceler.

L'acide chlorhydrique trés étendu agit lentement à froid sur toutes ces roches en donnant un fort dégagement d'acide carbonique. Les liqueurs ainsi obtenues renferment une forte proportion de chlorure de calcium, du chlorure de magnésium et de faibles quantités de chlorure d'aluminium et de fer avec un peu de silice. Ces derniers éléments proviennent d'une légère attaque de la partie argileuse.

En nous basant sur ce fait, nous avons établi de la façon suivante la proportion des carbonates :

(1) Le calcul des rapports moléculaires a été fait sur les résultats de l'analyse C.

	Marne verte de Pechelbronn. N° 1.	Marne verte de Bremmelsbach. N° 2.	Marne rouge de Bremmelsbach. N° 3.	Marne grise de Mulhouse. N° 4.	Marne calcaire blanche de Laneuveville devant Bayn. N° 5.
Ca O......	10,58	10,88	11,54	7,99	33,77
Mg O.....	3,31	3,50	3,33	1,60	1,76
CO^2.......	11,21	11,64	12,84	7,70 (calculé)	28,86
Totaux..	25,10	26,02	27,77	17,29	64,39

Nos premiers essais sur la partie argileuse de ces marnes ont eu pour but d'y rechercher la présence d'argile et de silice hydratée. Comme nous l'avons signalé dans une Note antérieure [1], ces corps sont peu à peu dissous par une lessive de soude à la température ordinaire, et les variétés d'argile les plus rebelles à ce genre d'attaque abandonnent ainsi 5 à 6 pour 100 de leur poids, lors de chaque opération. Comme avec les marnes irisées, le rapport de la silice à l'alumine va en diminuant (et non en augmentant, comme il a été dit par erreur dans la Note précédemment citée) et tend vers le chiffre quatre sans que la quantité d'alumine solubilisée augmente d'une façon importante.

Voici les résultats de ces premières recherches sur la partie argileuse des marnes d'Alsace :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Première attaque (une demi-heure à 55°).				
Poids dissous...	0,0268	0,0113	0,0120	0,0200
Pour 100 dissous.	2,71	1,28	1,72	1,20
Rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$...	10,29	16,32	11,32	8,60
Deuxième attaque (2 heures à 55°).				
Poids dissous...	0,0211	0,0153	0,0504	0,0334
Pour 100 dissous.	2,14	1,74	4,56	2,00
Rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$...	3,82	3,61	3,79	3,87
Troisième attaque (2 heures à 55°).				
Poids dissous...	0,0225	0,0093	0,0219	0,0244
Pour 100 dissous.	2,28	1,06	1,98	1,46
Rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$...	4,01	3,75	3,62	4,50

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 447.

Nous négligerons la très faible quantité de silice libre dissoute lors des premiers essais, car elle provient très vraisemblablement d'une légère attaque de la partie argileuse lors de la préparation des échantillons par l'acide chlorhydrique étendu et nous conclurons à l'absence en proportion notable de silice hydratée libre et d'argile, ainsi qu'à l'existence probable d'un minéral renfermant, à peu de choses près, 4 molécules de silice pour une d'aluminium.

Suivant un processus déjà indiqué, chacun des résidus de ces premiers traitements a été soumis à plusieurs reprises à l'action de l'acide chlorhydrique dilué de son volume d'eau jusqu'à évaporation complète à la température du bain-marie. Ils furent ensuite lavés à l'eau, puis avec une solution chaude de soude, afin de dissoudre toute la silice mise en liberté.

Dans ces conditions, nous avons obtenu les résultats suivants :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
SiO^3	48,48	48,80	48,26	48,89	48,49
Al^2O^3	21,41	21,60	21,36	20,39	20,59
FeO	7,52	8,71	10,95	5,55	9,95
MnO	néant	néant	néant	0,21	0,07
CaO	néant	néant	néant	(1,15)	néant
MgO	5,49	5,28	4,10	4,83	7,23
K^2O	4,87	5,83	5,96	8,10	4,40
Na^2O	4,50	3,09	2,35	5,20	1,17
H^2O	7,72	6,67	7,02	5,62	8,18
Rapport moléculaire $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$	3,85	3,84	3,84	4,07	4,00
» » $\frac{Bases}{Al^2O^3}$	1,74	1,72	1,70	1,76	1,92
» » $\frac{H^2O}{Al^2O^3}$	2,04	1,75	1,87	1,56	2,25

Les rapports moléculaires $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$ sont très voisins de 4, chiffre admis précédemment pour la partie argileuse des marnes irisées.

Les rapports $\frac{bases}{Al^2O^3}$ varient entre 1,70 et 1,76 (et leur inverse entre 0,59 et 0,56). Nous avons supposé que dans l'échantillon provenant de Mulhouse, la chaux et la quantité correspondante de magnésie sont combinées sous forme de dolomie.

Les rapports $\frac{H^2O}{Al^2O^3}$, très délicats à définir par la méthode employée, sont voisins de 2, exception faite pour la roche n° 4, qui renferme une forte proportion d'hydrocarbures lourds. Les écarts entre les chiffres fournis par

l'analyse pour ces deux derniers rapports sont dus, suivant toute vraisemblance, à une faible attaque du mica blanc, que l'acide chlorhydrique détruit, suivant le processus de nos essais, dans la proportion de 30 pour 100 environ pour les éléments d'une dimension inférieure à 1 μ.

Le résidu de ces premières attaques a été traité par l'acide sulfurique étendu, évaporé jusqu'à siccité, puis, après des lavages à l'eau bouillante, par une solution de soude.

Dans les liqueurs obtenues, la magnésie et le fer n'existent qu'en faible quantité par rapport à la potasse; mais ici encore, l'alumine y est de beaucoup la base prédominante.

La teneur en eau de la substance est aussi plus faible et tous les rapports obtenus : silice-alumine, alumine-bases, alumine-eau, sont ceux qui donnent le *mica blanc*.

Il reste enfin un dernier résidu formé de quartz détritique.

Les marnes étudiées, comme celles du keuper lorrain, sont donc formées essentiellement de carbonates (calcite et accessoirement dolomite), d'un hydro-silico-aluminate de fer et de magnésie renfermant des métaux alcalins, de mica blanc et de quartz. Elles ne contiennent pas d'argile en proportion appréciable.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Évolution du relief karstique du Parmelan* (*Préalpes de Savoie*). Note de M. **A. Cholley**, présentée par M. R. Bourgeois.

Le *Parmelan* est la partie la plus typique d'un ensemble de plateaux calcaires formant la bordure des *Préalpes de Savoie* et qu'on pourrait qualifier de *Causses préalpins*. Les Lapiaz y sont développés surtout sur les voûtes anticlinales (*Frêtes*, *Téret*, *Parmelan*). Nous avons étudié en détail le *Parmelan*, établi une classification des formes et porté sur une carte détaillée leur extension. Il en résulte des conclusions nouvelles sur l'évolution du relief karstique. Nous pouvons ici fixer son âge en rapport avec les niveaux d'érosion normale et expliquer comment, après un développement rapide, il est arrivé à l'état actuel, caractérisé par une sorte de dégénérescence de ses formes spéciales.

I. *Le Lapiaz*. — On doit y distinguer quatre catégories de formes :

a. En bordure, un escarpement rocheux de 200 à 300^{m}, plus ou moins contenu.

b. A la surface du plateau, un réseau de crevasses disposé suivant deux directions : N 45 grades W-S 45 grades E, et N 125-140 grades W-S 125-140 grades E, en rapport évident avec le réseau de diaclases du calcaire urgonien. Toutefois, ces crevasses ne présentent pas un aspect uniforme. On distingue des *fissures* étroites (de $0^m,10$ à $0^m,50$) en moyenne peu profondes et peu longues et des *crevasses* proprement dites très larges (jusqu'à 25^m) et très longues (jusqu'à 300^m).

La section transversale de ces crevasses offre comme deux profils emboîtés : en haut, la section est large, avec des parois ruiniformes et un fond encombré de débris ; sous ces débris, s'ouvre une section inférieure étroite, pénétrant dans la profondeur du calcaire. Envisagées dans le sens longitudinal, les crevasses représentent une succession de puits ou d'entonnoirs réunis par des couloirs ; les entonnoirs sont le plus développés dans les crevasses les plus dégradées.

La direction des fissures est quelconque ; les crevasses suivent toujours les diaclases dont la direction se rapproche le plus de celle de la plus grande pente (topographique ou géologique). Les crevasses sont donc l'accident principal du Lapiaz ; les fissures semblent des détails.

c. Les *ciselures :* cannelures, rigoles, crêtes isolées, trous alignés, champignons, chaos de blocs, se développent principalement au centre du plateau. Elles sont rudimentaires ou atrophiées près des bords.

d. Des *formes dues à l'érosion fluviale :* bosses trapézoïdales de la bordure NW ; paliers, côtes et buttes témoins en miniature découpées dans les couches superposées du calcaire, au centre ; vallées anciennes très nettement dessinées à l'est du Chalet, au milieu du plateau, en bordure NE.

II. Une étude basée sur la répartition de ces formes et sur leurs rapports réciproques permet de décomposer l'évolution morphologique du *Parmelan* en trois phases :

1° La surface du Causse a été déblayée légèrement (20 à 50^m) par une érosion fluviale antérieure à toute érosion karstique. Elle peut se dater : l'altitude des fonds de vallée (1500-1550^m) coïncide avec celle de surfaces de maturité signalées au *Revard* par M. E. de Martonne [1] et que nous avons retrouvées dans le *Genevois*, à *Vaunessin*, aux *Sulens*, aux *Annes*, à *Cenyse;* dans les *Bauges*, sur les flancs de la *Sambuy*, de l'*Arcalod*, au *Charbon;* aux environs de *Megève* et de *Saint-Gervais;* dans le *Chablais;*

---

(1) E. de Martonne, *Le rajeunissement quaternaire des Alpes* (*Actes du Xe Congrès international de Géographie*, Rome, 1913).

à des altitudes moyennes comprises entre 1400 et 1600m. Ce sont les restes d'un cycle d'érosion fluviale dont les effets ont été généraux dans les *Préalpes de Savoie* et qui ne semble pas pouvoir être plus récent que le début du Pliocène supérieur.

2° Le développement de l'hydrographie souterraine et des formes karstiques principales s'est effectué au cours d'un cycle postérieur. Les orifices de sortie qui perforent la partie inférieure de la falaise, la mise en relief de l'escarpement correspondent à des surfaces d'érosion fluviale développées dans la montagne, sur le flanc des vallées, et sur les plateaux de l'avant-pays, à une altitude moyenne de 800-900m; elles correspondent à un cycle de la fin du Pliocène (*cycle des Bornes*). Les formes karstiques créées : crevasses, avens, sont jeunes et simples. Le Karst du *Parmelan* est un Karst imparfait. Pour deux raisons : faible épaisseur de la couche calcaire (150-200m), évolution épuisée en un seul cycle.

3° A peine constitué, le Karst jeune du *Parmelan* est tombé en ruines. Cette phase ruiniforme, commencée à la fin du Pliocène, s'achevant au Quaternaire, coïncide principalement avec l'époque glaciaire. On a noté déjà, dans ce travail de ruine, l'influence de la désagrégation mécanique, de l'érosion chimique, du ruissellement, de la végétation; la neige joue un rôle de premier ordre que l'on peut constater à chaque printemps : par un travail analogue à la « nivation » elle élargit les entonnoirs; par une fusion lente elle ciselle finement les dalles, elle alimente les rigoles et les fissures. Cette action nivale, restreinte aujourd'hui, a été beaucoup plus intense aux époques interglaciaires. Nous avons trouvé à *Disonche* les traces très nettes de vallums morainiques d'un glacier local du *Parmelan*. La surface karstique a été nettoyée à chaque période glaciaire de sa couche de terre protectrice ou des débris accumulés; sur le calcaire urgonien mis à nu, l'eau de fusion abondante a accentué le travail de ruine.

La ruine a été marquée par l'élargissement des crevasses et leur encombrement par les débris, par l'évasement des puits et des entonnoirs, par le développement des formes superficielles du Lapiaz : rigoles, fissures, ciselures. C'est l'association et l'évolution des deux formes : rigoles et fissures qui détermine les traits essentiels de la ruine du Karst : les diaclases s'élargissent petit à petit en fissures au passage des rigoles. Ainsi la couche calcaire est débitée en blocs de plus en plus petits ; à la fin les blocs s'écroulent et donnent des champs de pierres.

III. Les formes du calcaire sur les autres anticlinaux voisins sont apparentées à celles que nous venons de décrire. Les différences dans la

nature de la roche se traduisent surtout dans les ciselures superficielles. Les différences dans les formes karstiques proviennent bien plus de différences d'évolution : moins évoluées quand la surface karstique a été découverte à un cycle fluvial plus récent que celui du *Parmelan* (*Téret*), elles s'en rapprochent quand le cycle karstique a commencé à la même époque (*Frêtes*).

Ainsi il existe un rapport étroit entre les cycles karstiques et les cycles d'érosion fluviale dans les *Préalpes de Savoie*.

BOTANIQUE. — *Sur la prétendue formation de la chlorophylle à l'obscurité.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Depuis une cinquantaine d'années, sur la foi d'expériences — sans doute mal faites, comme on le verra plus loin — de Kraus, les auteurs de certains ouvrages didactiques répètent que les plantes élevées à l'obscurité — étiolées, par conséquent — peuvent fabriquer un peu de chlorophylle à la condition que leur croissance soit gênée. Le botaniste allemand procédait de la façon suivante : il provoquait, à l'obscurité, la germination de diverses graines dans des récipients, puis, plaçant sur ceux-ci des bouchons, il voyait les plantules venir buter sur ces derniers et se recourber de diverses façons. Or, disait-il, aux endroits où les plantes étiolées forment des coudes ou des plis, il était facile de constater qu'il y avait des taches vertes, alors que tout le reste des végétaux était jaune, comme c'est l'habitude pour presque toutes les plantes élevées à l'obscurité. *A priori*, le fait est étrange et inexplicable; diverses observations plus ou moins fortuites m'ayant incité à avoir des doutes sur sa réalité, j'ai cherché, systématiquement, à le vérifier. J'ai employé, à peu de chose près, le même dispositif que Kraus, sauf que le récipient où se faisaient les germinations était oblitéré par un épais tampon de coton cardé, lequel a l'avantage de permettre l'accès de l'air dans la cavité du flacon et est bien préférable à un bouchon de liège qui peut avoir pour effet de provoquer des phénomènes d'asphyxie ou de respiration intramoléculaire. Les plantules grandissent — à l'obscurité totale bien entendu —, viennent buter sur le bouchon de coton, puis se replient de mille façons de manière, parfois, à remplir l'espace libre qui leur a été réservé. Or, malgré que j'eusse fait appel à toutes sortes de semences (je cite au hasard : Maïs, Chou, *Vicia*, Potiron, Belle-de-nuit, Asperge, Fève, Lupin, etc.), *jamais* les germinations

n'ont présenté traces de taches vertes ou même verdâtres; la teinte blanche des tiges et la teinte jaune des feuilles était d'une homogénéité parfaite.

On peut se demander, néanmoins, s'il n'y a là qu'une fausse apparence et si la teinte verte de la matière verte supposée n'est pas masqué par la teinte jaune de l'étioline. Or, par les solvants appropriés (acétone; alcool absolu; alcool dilué, puis benzine), on n'obtient jamais que des liquides parfaitement jaunes, sans trace de vert.

De ces constatations, je me crois en droit de conclure qu'*il est inexact de dire que les plantes étiolées peuvent fabriquer de la chlorophylle à l'obscurité* (1) *lorsque leur liberté de croissance est entravée.*

BOTANIQUE. — *Sur la formation d'un glucoside (saponarine) au sein des mitochondries.* Note (2) de M. **Jean Politis**, présentée par M. Molliard.

On sait qu'il se forme dans les tissus de diverses plantes des glucosides dont la signification physiologique est peu connue et dont l'origine est tout à fait obscure.

A ce sujet, nous avons commencé une étude dans le but d'essayer de résoudre la question du processus cytologique par lequel ces substances apparaissent dans les cellules des plantes. Malheureusement cette étude rencontre une grande difficulté. On ne connaît pas de réactions microchimiques propres à chacun des glucosides. De même, les réactions microchimiques dont on doit faire usage pour constater la présence de quelques glucosides dans les tissus végétaux sont des réactifs très forts, comme les réactifs sulfuriques, par lesquels les mitochondries sont facilement détruites. Pour atteindre notre but, il fallait donc trouver un réactif colorant approprié; après de nombreux essais j'ai reconnu que le réactif qui donne les

(1) Sauf, bien entendu, certaines espèces qui fabriquent *normalement* de la chlorophylle à l'obscurité, comme c'est le cas, par exemple, des plantules de Pins et de nombreuses Algues unicellulaires telles que les *Chlorella*, les *Stichococcus*, les *Scenedesmus*. Ces dernières sont, à cet égard, particulièrement remarquables puisque M. Dangeard, qui les cultive, à l'obscurité, depuis 1913, a constaté qu'elles continuent à vivre, bien que leur chlorophylle, depuis 10 ans, n'ait pu leur permettre d'assimiler le carbone du gaz carbonique. [P.-A. Dangeard, *Recherches sur l'assimilation chlorophyllienne*. Chap. I : La culture des Algues (*Le Botaniste*, 14e série, fascicules 1 et 2, juin 1921, p. 80).]

(2) Séance du 16 juillet 1923.

résultats les plus satisfaisants est l'iodure de potassium iodé. Par ce réactif, comme on sait, la daphnine prend une teinte rose qui passe successivement à l'orange, au rouge carmin et enfin au rouge brun, et la saponarine prend une teinte violette qui ensuite devient bleue. Pour le moment je me suis limité à la recherche du mécanisme de la formation du dernier de ces deux glucosides. On sait que dans le suc d'un certain nombre de plantes on avait découvert, depuis longtemps, une substance dissoute, colorable en bleu par l'iode, à laquelle on avait donné par erreur le nom d'amidon soluble [1]. En 1902 Barger [2] a extrait cette substance du *Saponaria officinalis;* il a constaté que c'est un glucoside et lui a donné le nom de saponarine.

Nous avons récemment décelé la présence de ce glucoside dans les cellules de deux sous-arbrisseaux à feuilles persistantes qui croissent abondamment dans les environs d'Athènes. Ce sont le *Thymelæa hirsuta* Endl. et *Thymelæa Tartonraia* All, dans lesquels, jusqu'à présent, on n'avait pas constaté la présence de saponarine.

Mes recherches ont été effectuées sur des échantillons de ces plantes recueillis au mois de mars. En examinant des sections transversales de la tige ou des rameaux de *Thymelæa hirsuta* et *Thymelæa Tartonraia*, il est facile de distinguer le tissu cortical et les faisceaux libéro-ligneux. Dans l'écorce, le liber et les rayons libériens se rencontrent un grand nombre de cellules qui contiennent de la saponarine. Dans les jeunes cellules on peut voir que ce glucoside s'élabore au sein des mitochondries, et précisément par le même processus par lequel se forment les pigments anthocyaniques et les composés phénoliques incolores des jeunes feuilles de rosier, de noyer, des fleurs de *Melia Azedarach* L., etc. En effet, dans le cytoplasme de ces cellules on peut observer de nombreux chondriocontes allongés et flexueux qui renferment de la saponarine. A l'aide du microscope il est facile de mettre en évidence ce glucoside en introduisant sous la préparation observée une ou deux gouttes d'une solution d'iodure de potassium iodé. Par ce réactif les chondriocontes deviennent bleus et, par suite, bien visibles.

A un stade ultérieur, on voit ces chondriocontes s'épaissir légèrement et former chacun un renflement à ses deux extrémités. Ces renflements gros-

---

(1) I. Dufour, *Recherches sur l'amidon soluble* (Ext. du *Bull. de la Soc. vaud, d. Scienc. nat.*, vol. 21, 1886, nº 93).

(2) G. Barger, *Saponarin, ein neues, durch Jod blau gefärbtes Glykosid aus Saponaria* (*Ber. d. Deutschen chem. Ges.*, 1902).

sissent et finissent par s'isoler par rupture de la partie effilée qui les réunit. Les deux renflements une fois séparés se transforment en sphérules qui augmentent peu à peu de dimensions, puis s'introduisent dans les vacuoles formées dans la cellule où ils subsistent quelque temps pour se dissoudre finalement dans le suc vacuolaire. Les vacuoles apparaissent alors remplies d'un contenu coloré en bleu par l'iodure de potassium iodé, à cause de la saponarine dissoute dans le suc vacuolaire. Ce glucoside est donc le produit de l'activité des mitochondries et se forme exactement comme l'anthocyanine dans les plantes que nous avons rappelées.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur l'activité des phénomènes biologiques dans la tourbe.* Note de MM. **A. Demolon** et **P. Boischot**, présentée par M. Lindet.

On peut considérer qu'il existe une relation étroite entre la quantité de CO^2 produite dans le sol et l'activité biologique dont il est le siège (Hutchinson, 1912, Russel et Appleyard, 1915-1917). Nous avons appliqué cette méthode d'étude à la tourbe des vallées crayeuses de la Somme et de l'Aisne en opérant *in vitro* sur des échantillons fraîchement prélevés, placés dans des conditions uniformes de température (25°), de temps (30 heures), d'humidité (humidité naturelle 80 pour 100) et d'aération.

L'acide carbonique formé était entraîné par un courant d'air et absorbé au moyen de deux barboteurs consécutifs dans une solution KOH + (Ba Cl²N : 10). L'alcalinité restante a été titrée directement par l'acide oxalique N : 10 en présence de phénolphtaléine.

La tourbe expérimentée se caractérise au point de vue chimique par une teneur élevée en azote, comprise entre 2, et 2,5 pour 100 de matière sèche ; elle donne à l'incinération 10 à 12 pour 100 de cendres, constituées en majeure partie par du carbonate de chaux, avec des proportions très faibles d'acide phosphorique (0,19) et moindres encore de potasse (0,10). Ces tourbes nous ont donné par voie électrométrique des Ph compris entre 6,45 et 6,80, c'est-à-dire qu'elles sont légèrement acides malgré l'alcalinité bicarbonatée calcaire des eaux où elles ont pris naissance.

En effectuant des numérations microbiennes sur la tourbe superficielle, nous avons trouvé de 10000 à 25000 germes aérobies par gramme, représentés pour les $\frac{3}{4}$ par des moisissures. Ces chiffres sont considérablement inférieurs à ceux obtenus pour des sols ordinaires. La mesure du dégagement de CO^2 montre également que la tourbe à l'état naturel doit être considérée comme le siège de phénomènes biologiques ralentis. Cet état de choses n'est pas imputable uniquement à la réaction du milieu, dont l'ordre

de grandeur est compatible avec la vie microbienne de beaucoup d'espèces; il ne se modifie sensiblement ni par neutralisation ni par ensemencement direct au moyen de délayure de terre de jardin (Tableau I). Il convenait donc de rechercher la cause s'opposant au développement de l'activité microbienne dans un tel milieu.

I. — CO^2 *dégagé en centimètres cubes* KOH $\frac{N}{10}$. — 200g *tourbe.*

(T : 25°. — 30 heures.)

	Dans l'air ordinaire. — Tourbe		Après neutralisation au bicarbonate de chaux. — Tourbe		Après neutralisation par CaO. — Tourbe		
Dans le vide.	non ensemencée.	ensemencée.	non ensemencée.	ensemencée.	non ensemencée.	ensemencée.	Tourbe chauffée 100°; 1/4 heure.
3,2...	11,7	12,8	13,00	13,9	14,0	14,8	38

En soumettant la tourbe superficielle à l'action de la chaleur, nous avons observé un phénomène identique à celui qui a été signalé dans la stérilisation partielle des sols : la production de CO^2 s'accroît considérablement, et corrélativement, les numérations montrent une active prolifération de la flore microbienne.

Comme l'indiquent les chiffres ci-dessous (Tableau II), cette activité croît jusqu'à 100°. Pour cette dernière température l'intensité du phénomène est identique à celle qu'on observe par une stérilisation effective à 120° (30 minutes) suivie de réensemencement par délayure de terre :

II. — CO^2 *dégagé en centimètres cubes* KOH $\frac{N}{10}$. — 200g *tourbe.*

(T : 25°. — 30 heures.)

Témoin non chauffé.	Chauffé 60° pendant 1/4 heure non ensemencé.	Chauffé 80° pendant 1/4 heure non ensemencé.	Chauffé 100° pendant 1/4 heure non ensemencé.	Stérilisation à 120° pendant 1/2 heure ensemencé avec délayure de terre.
17,0	17,5	21,9	38,0	38,5

Pour interpréter ce phénomène nous avons institué les expériences suivantes :

a, La tourbe a été soumise à l'action des antiseptiques qui intensifient l'activité microbienne dans les terres riches en matières organiques : sulfure de carbone, toluène, naphtaline. Leur action s'est montrée nulle.

b. D'autre part, en vue de déterminer si le liquide imprégnant la tourbe

possède une propriété empêchante, nous l'avons concentré dans le vide à la température ordinaire. Ce liquide concentré incorporé à la tourbe chauffée ou plus exactement substitué au liquide normal, ne s'oppose pas à l'activité provoquée par le chauffage. D'autre part, le remplacement du liquide exprimé de la tourbe par une égale quantité d'eau ordinaire laisse constant le dégagement de CO^2. Il ressort de là que les solutions naturelles de la tourbe ne renferment aucune substance empêchante.

A titre de contre-épreuve, si nous remplaçons 20^{cm^3} de liquide extrait (soit 12 pour 100) par la même quantité de bouillon de viande ou d'un milieu minéral de culture, le dégagement de CO^2 s'élève aussitôt (Tableau III). Les solutions imprégnant la tourbe sont donc naturellement insuffisantes pour assurer l'activité des phénomènes microbiens.

III. — CO^2 *dégagé en centimètres cubes* KOH $\frac{N}{10}$. — 200^g *tourbe*.

(T : 25°. — 30 heures.)

			Addition à la tourbe		
Témoin.	Liquide exprimé remplacé par eau distillée.	Tourbe chauffée 100° 1/4 d'H.	chauffée à 100° du liquide exprimé concentré au 1/3 dans le vide.	non chauffée de 20^{cm^3} de bouillon de viande peptoné.	non chauffée de 20^{cm^3} du milieu minéral de Lipmann.
11,9	11,0	49,1	42,0	56,0	37,8

L'analyse directe du liquide nous a montré que si l'on y rencontre une quantité appréciable d'azote organique soluble, cet azote résiste à l'ammonisation par SO^4H^2 étendu. D'autre part, l'acide phosphorique et la potasse n'y existent qu'à l'état de traces négligeables. Par contre, après chauffage de la tourbe à 100°, on peut constater dans le liquide, à la suite d'hydrolyse par l'eau seule, comme l'a montré Hébert, la présence d'azote ammoniacal et d'acide phosphorique en quantités dosables.

Des essais directs nous ont montré par ailleurs que les engrais minéraux déterminent immédiatement une augmentation de la quantité de CO^2 dégagé. Parmi eux il faut mettre au premier plan les phosphates basiques.

Conclusions. — La passivité relative de la tourbe au point de vue biologique a pour cause essentielle la pauvreté du milieu en éléments nutritifs et principalement en acide phosphorique. Les résultats dans la stérilisation partielle de la tourbe par la chaleur ne sont attribuables ni à une destruction de toxines ni à une action sur les protozoaires. Ils s'expliquent dans ce cas particulier, par une modification chimique favorable du milieu, d'ordre exclusivement alimentaire.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la psycho-physiologie des phénomènes visuels.* Note de MM. **A. Quidor** et **Marcel-A. Herubel**, présentée par M. E. Bouvier.

Quelques expériences nous ont permis de préciser et d'étendre les conclusions d'études antérieures ([1]).

Deux prismes empruntés à un stéréoscope ont une arête commune disposée verticalement. Toute figure ou toute image placée devant chacun d'eux est reçue par la fovea de chacun des yeux; mais, ces images peuvent également être reçues simultanément par une même fovea. Les images conjuguées utilisées mesurent 3^{cm} sur 2^{cm}. Enfin, dans chaque observation, il est nécessaire de masquer successivement l'une et l'autre image pour s'assurer de leur perception simultanée.

Deux droites, une verticale et une horizontale, sont placées, la première devant le prisme gauche, la seconde devant le prisme droit. L'observateur a l'illusion d'une croix, aussi bien par la vision binoculaire que par la vision monoculaire. Remplaçons maintenant ces droites par deux images conjuguées. Nous obtenons, par la vision binoculaire et par la vision monoculaire, des sensations de relief rigoureusement identiques.

Il résulte de ces observations que toute image rétinienne perçue par une fovea provoque, dans chacun des hémisphères cérébraux, la formation d'une image cérébrale. La sensation de relief est due à la fusion psychique des deux images cérébrales non identiques et semblables à celles que donnerait l'observation directe des objets et des êtres représentés.

Plaçons les images conjuguées de telle sorte que l'image destinée à l'œil droit soit reçue par l'œil gauche et réciproquement. Le relief obtenu par la vision monoculaire est encore normal; mais, celui que donne l'observation binoculaire est inversé, sous réserve que chacun des yeux ne reçoive qu'une seule image rétinienne. Les deux cérébrales provoquées par chaque rétinienne sont encore perçues par chaque hémisphère cérébrale, mais leur valeur est inégale. La cérébrale perçue par l'hémisphère placé du même côté que l'œil impressionné domine la cérébrale provoquée par la rétinienne reçue par l'autre œil.

([1]) Paris, *Thèse* 1909; *Ann. d'Occultisme* et *Ann. de Chimie et de Physique,* 1910.

Le relief donné par l'observation binoculaire d'images conjuguées sera donc normal quand les dominantes seront provoquées par les rétiniennes analogues à celles que produirait, dans chacun des yeux, l'observation directe. Le relief est inversé, quand les dominantes sont provoquées par des rétiniennes analogues à celles que produirait, dans l'autre œil, cette même observation.

La structure de l'œil imprime, en effet, aux rétiniennes données par l'observation directe, une déformation telle que les deux rétiniennes fournies par un même objet sont inégales, et que la plus grande se forme toujours dans l'œil placé du même côté que l'objet perçu.

La fusion des images cérébrales se fait, dans chaque hémisphère cérébral, d'après les données fournies par des observations antérieures. C'est un acte essentiellement psychique que met en évidence l'observation monoculaire d'images conjuguées inversées succédant à l'observation binoculaire de ces mêmes images.

Le relief inversé devient alors normal.

Mais le relief inversé donné par l'observation binoculaire stéréoscopique d'images conjuguées devient normal quand ces deux images sont perçues simultanément par chaque fovea. Il ne peut en être autrement, puisque, dans la vision monoculaire, le relief est normal quand l'une et l'autre rétinienne sont reçues par une même fovea.

Soient G et D les images conjuguées; la première devant être observée par l'œil gauche et la seconde par l'œil droit. Les images G et D, inversées ou non, fournissent dans l'œil gauche les rétiniennes G_1, D_1, et dans l'œil droit les rétiniennes G_2, D_2.

Aux rétiniennes G_1 D_1 correspondent, dans l'hémisphère gauche, les dominantes g_1 et d_1, et, dans l'hémisphère droit, les cérébrales g'_1 d'_1. De même, les rétiniennes G_2 D_2 provoquent la formation des dominantes g_2 d_2 dans l'hémisphère droit et les cérébrales g'_2 d'_2 dans l'hémisphère gauche. Or, l'unité de sensation subsiste. C'est que les rétiniennes G_1 G_2 sont identiques et perçues par des points rétiniens correspondants, reliés dans chaque hémisphère, au même groupe de cellules cérébrales.

Les cérébrales g_1 et g'_2 d'une part, les cérébrales g_2 g'_1, d'autre part, sont identiques deux à deux, de même que les cérébrales d_1 d'_2 et d_2 d'_1.

Il est évident que l'hémisphère gauche perçoit, dans ces conditions, les dominantes g_1 d_1 et l'hémisphère droit les dominantes g_2 d_2. Nous nous trouvons en présence d'un nouvel acte psychique. Les cérébrales perçues

sont encore interprétées conformément aux données fournies par des observations antérieures. Les dominantes g_1 d_2 l'emportent sur les dominantes d_1 g_2, et le relief perçu est normal.

En résumé, la structure de l'appareil visuel : inclinaison des cristallins, chiasma des nerfs optiques, muscles déterminant la convergence des axes visuels, permet la formation, dans chaque hémisphère, de deux cérébrales différentes. C'est à l'interprétation psychique des cérébrales ainsi perçues qu'il faut attribuer la sensation du relief.

EMBRYOGÉNIE. — *Les globules polaires de l'œuf de* Tubularia mesembryanthemum *Allm.* Note de M. **Paul Benoît**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note précédente [1] j'ai déjà décrit rapidement l'ovogenèse et les premiers stades du développement de *Tubularia mesembryanthemum*. Je voudrais, aujourd'hui, apporter seulement quelques précisions sur la formation des globules polaires dans les œufs géants de cet Hydraire.

Avant l'émission des globules polaires, l'œuf géant de *Tubularia mesembryanthemum* Allm. se découpe par des incisures en trois ou quatre ovules secondaires, qui possèdent chacun jusqu'à dix noyaux (pseudo-cellules qui n'ont pas entièrement dégénéré). Chacun de ces noyaux subit des aspects nombreux, tenant très probablement à ce que ces anciennes pseudo-cellules ont subi une dégénérescence plus ou moins avancée. Tous les noyaux entrent en mitose synchroniquement. Un certain nombre se trouvent à la phériphérie (4 par exemple), les autres restent à l'intérieur. Parmi ceux qui sont à la périphérie, au moins dans l'un des œufs, l'un d'eux fait la mitose classique avec fuseau légèrement oblique, asters à centrosomes bien visibles et huit tétradres ayant la forme sphérique. Cette mitose est certainement celle du noyau de l'ovocyte privilégié qui a donné naissance à l'œuf. Les trois autres noyaux périphériques forment des fuseaux plus ou moins obliques avec asters et centrosomes, mais la chromatine est en masse irrégulière, formée sans doute par l'agglutination des chromosomes. Vlès et Dragoiu (1921) en augmentant la pression osmotique externe sur des œufs d'Oursin fécondés bloquent la segmentation cytoplasmique et obtiennent les mêmes altérations nucléaires.

Tous ces noyaux expulsent le premier globule polaire.

Les noyaux centraux entrent, eux aussi, en mitose et forment un

---

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 171.

fuseau très net, les fibres astériennes sont très longues et les centrosomes sidérophiles présentent souvent deux centrioles. La chromatine réunie quelquefois à l'équateur en une masse à bords très irréguliers est le plus souvent fragmentée inégalement. Les pronuclei centraux conservent un certain temps leur ovocentre.

On ne peut admettre, en aucune façon, qu'il s'agisse là d'une segmentation quelconque. Ces noyaux centraux, synchroniquement en mitose avec les noyaux périphériques, font leur réduction chromatique.

L'expulsion du deuxième globule polaire a lieu pendant que le premier globule polaire donne deux petits globules polaires secondaires. De la même façon, pour les quatre noyaux extérieurs, l'un donne encore le deuxième fuseau classique avec huit dyades sur les fibres fusoriales, et les trois autres un fuseau avec masses chromatiques plus ou moins irrégulières à l'équateur.

A ce stade, l'œuf qui était encore entouré de la membrane qui constitue la paroi externe du manubrium, déchire cette membrane et devient libre dans la cavité de la cloche où il pourra être fécondé. Ce n'est donc pas la pénétration du spermatozoïde qui détermine l'expulsion des globules polaires, comme le soutient Oschmann (1923), dont les figures sont d'ailleurs bien peu démonstratives.

Ordinairement, après la réduction chromatique, la plupart des pronuclei femelles de l'œuf se fusionnent par 2, par 3 ou par 4 pour donner des pronuclei polyénergides, qui seront fécondés par des pronuclei mâles polyénergides. Il y a alors, dans un œuf, un ou plusieurs pronuclei femelles monoénergides et un ou plusieurs pronuclei femelles polyénergides,

Il existe aussi des mitoses de réduction tétracentriques avec expulsion de trois globules polaires, les fuseaux, au nombre de 2, sont perpendiculaires entre eux. Kostanecki (1903) à la suite de polyspermie, et Morgan (1910) après centrifugation, ont observé dans les œufs fécondés de *Cerebratulus marginatus*, des mitoses multipolaires dans les deux divisions de maturation, sans donner d'explication de ces mitoses. Dalcq (1923) observe également des mitoses tri- ou tétracentriques de réduction sous l'action des solutions hypotoniques. Mais il s'agit dans mon cas de noyaux des pseudo-cellules et jamais, semble-t-il, du noyau de l'ovocyte privilégié, dont la mitose est normale.

Enfin, dans un œuf où avait lieu la mitose de réduction ordinaire, j'ai observé un dernier mode de réduction chromatique, par expulsion directe du globule polaire. Ce globule est formé d'une masse sphérique de chroma-

tine très sidérophile (noyau pycnotique) entourée d'une couche de cytoplasme assez mince. La masse de chromatine est encore réunie au pronucleus femelle par un filament chromatique. Il s'agit donc d'une expulsion de globule polaire par amitose. A la surface de l'œuf, une évagination se forme contenant le noyau qui s'étrangle en son milieu et dont les deux moitiés restent par la suite unies par un filament chromatique. Finalement le globule polaire est expulsé et, ce qui justifie encore mon interprétation, on observe au moins l'ébauche de la division ultérieure de ce premier globule polaire. Il s'étrangle et prend l'aspect d'une haltère à boules très écartées.

L'œuf géant de *T. mesembryanthemum* présente donc, en dehors des mitoses de réduction normales, des mitoses de réduction anormales qui proviennent de ce que la plupart des noyaux de l'œuf (pseudo-cellules) ont subi des phénomènes dégénératifs plus ou moins avancés.

Il est entendu que, à côté des œufs géants polyspermiques, on trouve des œufs monospermiques. Ils sont en nombre à peu près égal, au moins dans les Tubulaires de la région de Cette. Leur évolution est sensiblement pareille à celle des œufs de la Myriothèle, sauf quant à la segmentation cytoplasmique qui est beaucoup plus précoce chez la Tubulaire.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Sur le mécanisme du diabète insipide.* Note de MM. **Jean Camus**, **J.-J. Gournay** et **Fiterre**, présentée par M. Widal.

La lésion de la base du cerveau dans la région opto-pédonculaire au voisinage de l'hypophyse détermine soit une polyurie très abondante durant quelques jours soit un véritable diabète insipide capable de se prolonger des années.

Ces faits ont été établis par les recherches expérimentales et anatomopathologiques de Jean Camus et G. Roussy, confirmés par les travaux de P. Bailey et de Frédéric Brémer poursuivis dans le laboratoire d'Harvey Cushing. Les études anatomocliniques de Lhermitte et de nombreux auteurs ont montré que les phénomènes observés chez l'homme sont dus à des lésions de la même région que chez l'animal. Expérimentalement la lésion du tuber provoque brusquement une polyurie considérable à tel point qu'un chien qui urinait quotidiennement 250 à 300^g par 24 heures peut, après l'opération, uriner 3 litres par 24 heures, assez souvent 5 litres, parfois 8 et même 12 litres.

L'explication qui vient le plus facilement à l'esprit est que la lésion céré-

brale agit par l'intermédiaire du système nerveux sur les reins en suivant un trajet nerveux qu'il suffit de rechercher et de déterminer. Il n'en est rien, les nerfs du rein n'interviennent pas dans ce phénomène, ainsi que le montrent les recherches de Houssay et Carula, Bailey et Bremer, Jean Camus et J.-J. Gournay.

Dans les expériences de Jean Camus et J.-J. Gournay, les reins ont été soigneusement énervés, les pédicules des deux reins étaient réduits à l'artère, la veine et l'uretère lesquels, après énervation, étaient frottés à l'alcool à 96°.

Cette opération, faite après la lésion du cerveau, ne supprime pas la polyurie et, faite avant, ne l'empêche pas de se produire. Les faits expérimentaux obligent à conclure que la lésion cérébrale, si elle n'agit pas sur la fonction urinaire par les nerfs du rein, provoque la polyurie par voie humorale.

Il y a trois ans, dans des recherches inédites, Jean Camus et J.-J. Gournay, en collaboration avec H. Malgat, avaient noté qu'au moment où la polyurie existe, l'acide urique disparaît des urines.

Reprenant ces recherches, nous avons vu que ce phénomène est constant.

L'acide urique disparaît des urines ou diminue dans des proportions étonnantes pendant la période de polyurie et même, si la polyurie est retardée de deux, trois, quatre jours après l'opération, l'acide urique disparaît des urines avant l'installation de la polyurie.

Un échantillon d'urine d'un de nos chiens polyuriques, analysé pour contrôle, ne contenait pas trace d'acide urique. Autres phénomènes corrélatifs de grande importance, les bases puriques augmentent très fortement dans les urines ainsi que les phosphates.

Ces phénomènes existent non seulement au cours des polyuries expérimentales qui durent quelques jours, mais au cours du diabète insipide permanent.

Un chien, chez lequel le diabète insipide a été déterminé il y a près de quatre ans, urine depuis cette époque une moyenne de 3^l à 4^l par 24 heures. Ces urines ne contiennent pas actuellement d'acide urique ou seulement des traces insignifiantes.

Les faits que nous avançons ont été observés par nous régulièrement dans une série d'expériences et rigoureusement contrôlés. Pour éviter les erreurs dues à la dilution, nous avons dosé l'acide urique dans les urines de chien normal avant et après dilution. Nous avons, d'autre part, concentré les urines des chiens polyuriques et effectué des dosages avant et

après concentration. Toutes ces recherches de contrôle ont été concordantes. Ainsi le diabète insipide expérimental s'accompagne de la disparition de l'acide urique de l'urine et d'une grande augmentation des bases puriques.

Or on sait que la théobromine du cacao, la caféine du thé et du café sont des bases puriques et que ces corps sont fortement diurétiques; dès lors l'hypothèse qui s'impose à l'esprit, c'est que le diabète insipide est lié à la dégradation des nucléoprotéides et se trouve probablement sous la dépendance de bases puriques diurétiques fabriquées en excès ou non transformées.

Nos recherches en tous cas nous permettent de pénétrer plus avant dans le mécanisme du diabète insipide et peut-être aussi de la diurèse normale, ce mécanisme étant à la fois nerveux et humoral.

BIOLOGIE. — *L'action de la lumière sur les variations de la calcémie chez les rachitiques.* Note de MM. **E. Lesné**, **L. de Gennes** et **Guillaumin**, présentée par M. Widal.

Howland et Kramer (¹), puis Hess (²), avaient insisté déjà sur l'hypocalcémie chez les rachitiques. Plus récemment, Woringer (de Strasbourg) reprenait l'étude de la calcémie chez les malades atteints de spasmophilie et montrait l'influence des rayons de la lampe de quartz à vapeurs de mercure sur le taux du calcium et sur les signes cliniques de la maladie (³).

Pour doser le calcium dans le sang, la méthode micrométrique de de Waard nous a paru trop imprécise et nous nous sommes constamment servis d'une méthode dérivée de celle de Kramer et déjà utilisée dans des recherches effectuées par MM. P. Weill et l'un de nous, et qui consiste essentiellement en un titrage du calcium réduit à l'état d'oxalate.

1° *La calcémie chez les rachitiques.* — Le taux moyen de la calcémie chez des enfants normaux de 2 mois à 2 ans oscille entre 100 et 120^{mg} par litre de sérum. Il paraît indépendant du sexe, mais semble légèrement modifié par les influences saisonnières.

Chez 20 enfants rachitiques examinés entre les mois de mars et de juillet nous avons trouvé d'une façon presque constante une hypocalcémie notable,

(¹) Howland et Kramer, *Calcium and phosphorus in the serum and on relations to rickets* (*American Journ. Dis. of Children*, août 1921).

(²) Hess et J. Unger, *The chemical role of the fat soluble vitamine* (*J. of Amer. Med. Assoc.*, 24 janvier 1920).

(³) Woringer, *Soc. Biol. de Strasbourg*, 27 avril 1923.

c'est-à-dire un chiffre inférieur à 100^{mg} par litre de sérum. Mais l'hypocalcémie semble surtout le témoin de la *période active* du rachitisme entre 3 mois et 1 an. Nous n'avons jamais vu son taux s'abaisser au-dessous de 79^{mg}.

L'hypocalcémie semble donc constante, mais modérée et inférieure dans tous les cas à celle que nous avons pu déceler au cours de la spasmophilie ou de la tétanie (56-71^{mg}).

Par contre, chez des enfants de 3 à 8 ans présentant des déformations rachitiques considérables mais fixées et irréductibles, le taux de la calcémie s'est montré normal ou même légèrement élevé (114-118^{mg}).

Le chiffre du calcium sérique chez un sujet donné semble remarquablement fixe et indépendant de la nature ou de l'horaire des repas ingérés. Il n'est pas modifié par l'ingestion de chlorure de calcium.

La température semble également sans influence sur la calcémie.

N°	Nom et prénom.	Age.	Maladie.	Taux du calcium avant traitement en mg/litre.	Après 8 séances d'irradiation d'une 1/2 heure.	Après 16 séances.	Après 24 séances.	30 jours après la dernière séance d'irradiation
				g				
1...	Lemp. Paulette	2 ans	Rach. très marqué	0,091	0,108	0,120		0,116
2...	R... Paul	14 mois	Rachitisme	0,089	0,095	0,095	0,108	0,108
3...	Le G... Georges	4 mois	Rachitisme	0,087				
4...	Hab... Huguette	14 mois	Rachitisme	0,088				
5...	Derch... Louis	8 ans	Rachitisme fixé	0,114				
6...	Agl... R...	2 ans	Rachitisme	0,100				
7...	V... Marcel	14 mois	Rachitisme	0,098				
8...	Pol... René	10 mois	Rachitisme	0,095	0,095	0,103	0,108	0,116
9...	Th... Maurice	15 mois	Rachitisme	0,101		0,111		0,115
10...	C... Louis	7 mois	Rachitisme	0,098				
11...	Q... Denis	11 mois	Rachitisme	0,099				
12...	B... Louis	4 mois	Rachitisme précoce très marqué (ε)	0,079				
13...	Le G... Georges	14 mois	Rachitisme	0,088				
14...	Mam Jacqueline	14 mois	Rach. spasmophilie	0,079	0,096	0,096	0,116	0,116
15...	Sossow Jacq. (*race noire*)	21 mois	Rach. très marqué	0,087	0,087		0,085	
16...	Socrov... Aourt (*race noire*)	14 mois	Rachitisme	0,086	0,086	0,084	0,086	
17...	B... René	2 ans	Rachitisme	0,088		0,102	0,116	0,116
18...	Ch... René	3 ans	Rachitisme fixé	0,118				
19...	Al... Lucien	19 mois	Rachitisme	0,095	0,108	0,111	0,116	0,114
20...	Cor... Jamin	3 mois	Rachitisme	0,088	0,108	0,116		
21...	G... René	1 an	Rachitisme	0,090				
22..	J...	1 an	Rachitisme léger	0,104				

2° *Variations de la calcémie sous l'influence de la lumière.* — Nous avons soumis à l'influence de la lumière artificielle, sans rien changer à leur régime alimentaire, un certain nombre des enfants que nous avons observés et nous avons pu constater une élévation constante du calcium sérique.

Nous avons employé comme source lumineuse une lampe à arc de 1200 bougies située à une distance de $1^{m},20$. Chaque séance d'irradiation a duré 30 minutes. Les séances ont été renouvelées chaque jour.

Seuls les rayons ultraviolets sont opérants et toute interposition de verre en arrête l'action.

Cette action se manifeste dès la huitième séance d'irradiation et se poursuit régulièrement jusqu'à la troisième semaine.

Au bout de 3 semaines le taux maximum de la calcémie semble atteint mais ne dépasse pas les chiffres normaux et se maintient jusqu'à plus de 30 jours après la dernière séance d'irradiation.

Il est intéressant de constater que les deux seuls sujets qui ont fait exception à cette règle sont deux enfants de race noire présentant des lésions de rachitisme manifeste et une hypocalcémie très marquée. 24 séances d'irradiation d'une demi-heure sont restées sans action sur la calcémie de ces sujets comme si le pigment cutané jouait un rôle protecteur contre les radiations ultraviolettes.

Ce fait semble en concordance avec ceux que Hess [1] avait pu constater sur les rats noirs dans l'étude du rachitisme expérimental et avec le fait bien connu de l'extrême fréquence du rachitisme chez les enfants de race noire élevés sous nos climats.

La peau pigmentée de ces sujets exige, pour que l'action de la lumière exerce tous ses effets, une irradiation beaucoup plus intense et plus prolongée.

Parallèlement aux modifications chimiques du sérum, nous avons pu constater une amélioration très nette des lésions rachitiques.

Enfin, plusieurs des sujets observés présentaient en même temps que les stigmates du rachitisme des signes de spasmophilie. Ces signes se sont rapidement améliorés sous l'influence du traitement lumineux en même temps que s'élevaient les chiffres de la calcémie.

L'hypocalcémie semble être le témoin et non la cause du rachitisme.

Nous avons pu vérifier, en effet, à la suite des auteurs américains, dans un grand nombre d'expériences, qu'un régime privé seulement de calcium ne détermine jamais chez l'animal l'apparition du rachitisme.

---

[1] F. Hess, *The Lancet*, t. 5, 1922, p. 367.

Par contre, la déficience du phosphore semble créer constamment des troubles du métabolisme et de la fixation du calcium et engendrer le processus rachitisant.

Il est intéressant de constater que la lumière et plus exactement la radiation ultraviolette peut suppléer entièrement à cette carence du phosphore.

PHARMACODYNAMIE. — *A propos de la Note de MM.* Chevalier *et* Mercier *sur l'action pharmacodynamique du principe insecticide des fleurs de pyrèthre* (¹). Note (²) de M. **A. Juillet**, transmise par M. Flahault.

MM. Chevalier et Mercier préconisent l'emploi d'un principe extrait du pyrèthre de Dalmatie (*Chrysanthemun cinerariæfolium* Vis.) comme succédané des arséniates et sels de plomb en usage.

Reprenant les travaux de J. Dufour (1893) et ceux de H. Faes (1914-1916), j'ai signalé dès 1920 (*Revue de Viticulture*, t. 52, p. 92 et 110) les avantages que présenterait le pyrèthre de Dalmatie comme succédané des insecticides toxiques utilisés jusqu'ici. En 1921, avec L. Galavielle et M. Ancelin (*Revue de Viticulture*, t. 55, p. 201 et 301), en 1922 (*Revue de Botanique appliquée*, t. 2, p. 403), cette année (*Revue de Viticulture*, t. 58, p. 169, mars), j'ai précisé des méthodes d'extraction des principes insecticides du pyrèthre, leur incorporation, leur emploi, leurs effets sur des animaux parasites des plantes et de l'homme, permettant ainsi de créer en France une industrie nouvelle déjà productive.

Simultanément j'indiquais aux agriculteurs du Midi la culture du pyrèthre pour la mise en valeur des terres arides, culture déjà indiquée par E. Heckel (1913). Cette culture mettait à la disposition des agriculteurs un insecticide efficace, non toxique et économique. Depuis, la culture du pyrèthre est pratiquée en France. Elle a pleinement réussi et donne des produits très actifs. L'emploi du *C. cinerariæfolium* en agriculture est un fait acquis et n'est plus une nouveauté.

Si la composition exacte des principes insecticides du pyrèthre est encore discutée, il a été reconnu par Marino Zucco (1891-1894) que l'alcaloïde, *chrysanthémine*, extrait par lui du pyrèthre de Dalmatie, était inactif sur

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1847.

(²) Séance du 16 juillet 1923.

les insectes ; cette observation a été souvent confirmée (Mc Donnell, R. C. Roark et G. L. Keenan, 1920, A. Juillet, 1923).

Ajustant à nos essais une partie des techniques de Donnell, Roark et Keenan, nous avons évaporé à l'air et en consistance siripeuse nn extrait à l'éther de pétrole de fleurs sèches et récentes de pyrèthre des environs de Montpellier.

Cet extrait a été traité successivement par le CO^3Na^2, $CO^3(NH^4)^2$, NaOH en solutions aqueuses à 10 pour 100 : en neutralisant ces liqueurs par $SO^4H^2 \frac{N}{10}$, reprenant par l'éther, j'ai isolé des produits faiblement acides, très toxiques pour divers insectes (Ex. : chenille du *Pieris brassicæ*). Le résidu jaune et sirupeux paraît être constitué en partie par des éthers saponifiables à l'ébullition dans KOH (36 pour 1000 d'alcool à 95°) et dans des solutions alcooliques de savon mou (savon : alcalinité libre, KOH 0,70 pour 100 — 1 pour 10 d'alcool à 95°, ou d'alcool à brûler ou de marc).

Cette saponification ruine l'activité insecticide ; l'effet est identique si l'on traite à l'ébullition pendant 1 heure les teintures de fleur de pyrèthre par le savon mou à la concentration précitée (A. Juillet, 1921).

Mais l'action à froid des mêmes alcalis en solution aqueuse et des savons alcalins (1 partie dans 6 parties d'eau est pratiquement nulle. Des suspensions savonneuses d'extrait de pyrèthre préparées depuis juin 1921 ont actuellement toute leur activité première. La sensibilité des principes actifs du pyrèthre aux alcalis méritait d'être précisée.

Les corps acides insecticides observés par nous et par Mc Donnell, Roark et Keenan correspondent à l'*acide pyréthrotoxique* de Schlagdenhauffen et Reeb (1898) et de Reeb (1909). Les éthers peuvent être homologués avec le *pyrétol* de S. Sato (1905-1907) et avec le *pyréthrone* de J. Fugitani (1909), conclusions également admises par les auteurs américains. Le principe actif du pyrèthre est donc un complexe.

En appliquant au pyrèthre la technique de MM. Chevalier et Mercier, on n'obtient pas une espèce chimiquement définie, mais un mélange ; si l'on traite cet extrait par les méthodes d'épuisement précédentes, on y retrouve les acides libres et des éthers, tous insecticides.

Par ailleurs un autre fait permet de douter de la nouveauté du corps isolé par MM. Chevalier et Mercier. Le *pyréthrone* de Fugitani ou *pyrétol* de Sato agit d'une façon identique, aux mêmes doses : 1^{mg} sur la grenouille, comme Fugitani le précise. Ce corps est déjà considéré par Fugitani comme

un poison neuro-musculaire, analogue à la vératrine, en opérant sur divers animaux y compris le chien. R. Yamamoto (1909) considère ce corps comme un mélange. Aussi est-il décevant de voir ce mélange agir aux mêmes doses, sur le même animal, que l'éther type de MM. Chevalier et Mercier qui omettent, il est vrai, de rapporter à la dose de toxique le poids de l'animal.

Nos observations, celles de Mc Donnel, Roark et Keenan, de Fugitani et de Yamamoto, mettent donc en doute le bien-fondé de l'affirmation de MM. Chevalier et Mercier, qui ont méconnu la complexité du corps qu'ils isolaient et ignoré nos connaissances à son sujet.

A $15^h 40^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 18 juin 1923.)

Note de M. *Mesnager*, Plaque mince indéfinie uniformément chargée, portée par des points régulièrement espacés :

Page 1774, formule (1), ajouter avant les crochets $\frac{1-\eta^2}{EI}$.

Note de MM. *L. Hackspill* et *A. Couder*, Sur la formation d'acide nitrique dans la fabrication de l'acide carbonique liquide :

MM. C. Marie et R. Marquis ont déjà signalé en 1904 le déplacement de l'acide nitreux par l'acide carbonique (*Comptes rendus*, t. 138, p. 367 et 694).